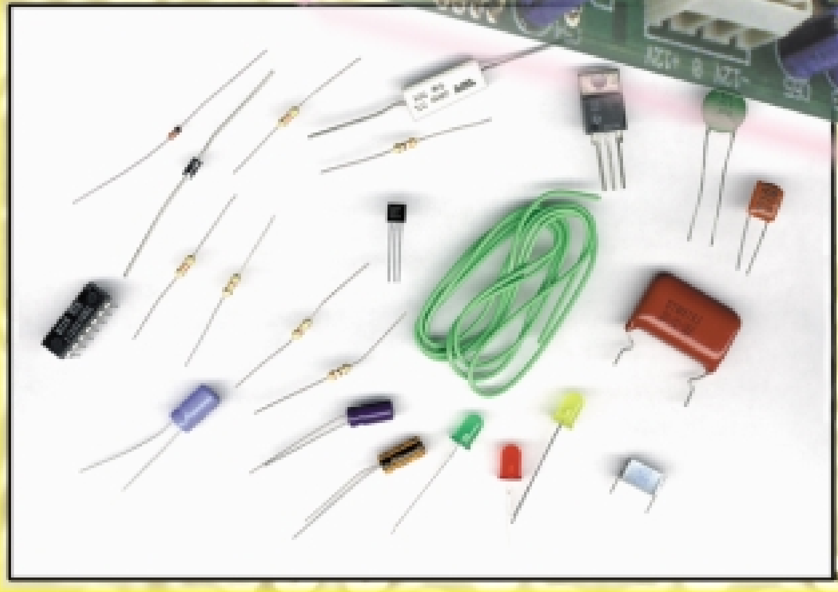
Coordinado por el estúpido Ing. Horacio D. Vallejo

1

El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO

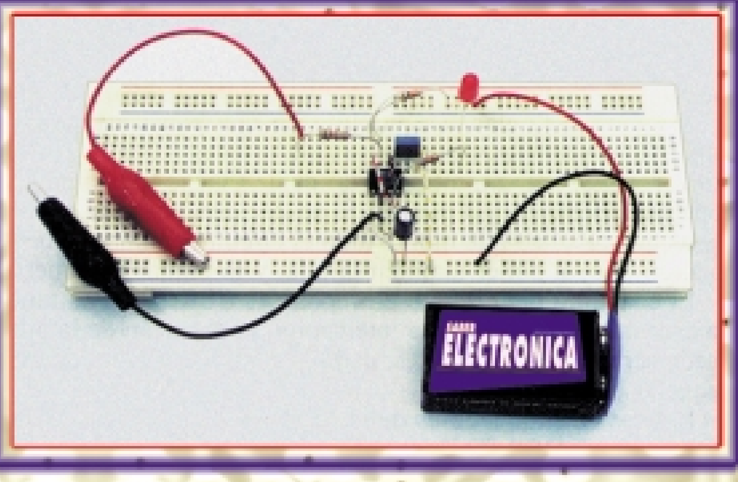


ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

REP. ARG. EDICION ESPECIAL: 3001

COMPUTADORAS



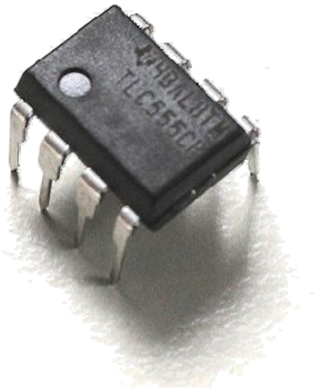
Esta obra es parte del CD:
“Enciclopedia Visual de la Electrónica”
que se distribuye exclusivamente en la República Argentina. Para la edición se extrajo información de la revista Electrónica y Servicio y se contó con la colaboración de Centro Japonés de Información Electrónica.

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio.

MICROPROCESADORES

Enigmaelectronica.tk

Este Documento Ha sido descargado desde la Web más completa en todo tipo de e-books y Tutoriales.



Búscanos en Google por Enigmaelectronica

ingresa al foro de enigmateam.org/foro para saber más

de nuestras publicaciones y revistas.

- Libros
- Manuales
- Tutoriales
- Cursos
- Programas
- Música
- Películas

Team Enigma :::
www.enigmaelectronica.tk
.:: Todo Conocimiento es Poder Ver 3.0::.

Grupo Enigma Electrónica
Enigma Team

Si algún Archivo Requiriera de Contraseña de acceso siempre será:
www.enigmaelectronica.tk
enigmateam.org
enigmaelectronica
enigmateam

Enciclopedia Visual de la Electrónica

El Mundo de la Electrónica
Audio, TV, Video Computadoras
Microprocesadores

CAPITULO 1
PRINCIPIOS DE GENERACION DE LA ELECTRICIDAD
Formas de generar electricidad
Electricidad por fricción o inducción
Electricidad por reacción química
Componentes y aplicaciones de las pilas
    Fabricación de una pila primaria
Electricidad por presión
Electricidad por calor
Electricidad por luz
Aplicaciones del efecto fotoeléctrico
    Efecto fotoiónico
    Efecto termoeléctrico
    Efecto fotovoltaico
Electricidad por magnetismo
UN VISTAZO A LA ELECTRONICA DE HOY
El imperio de los bits
Ventajas de la tecnología digital
Comunicaciones
Audio y video
El DVD
La televisión de alta definición
Métodos de grabación de audio digital
Proceso digital de audio
Procesamiento de datos
    Microprocesadores
    Capacidad de almacenamiento de datos
Internet

CAPITULO 2
¿QUE ES LA ELECTRICIDAD Y QUE LA ELECTRONICA?
Estructura atómica
    Atomos: protones, electrones y neutrones
    Constitución del átomo: protones, electrones y neutrones
    Iones positivos y negativos
    Conductores, semiconductores y aislantes
    Flujo de electrones
    Diferencia de potencial, tensión, fuerza electromotriz
Corriente eléctrica
Resistencia eléctrica
Conductancia
Clasificación de los resistores
Código de colores para resistores
Pilas y baterías
CONDUCCION DE LA CORRIENTE ELECTRICA
Los conductores y los aislantes
La electricidad como fluido
Tipos de conductores
Campo eléctrico y corriente eléctrica
El campo eléctrico
Corriente electrónica y corriente convencional
Velocidad de la corriente
LA REVOLUCION DE LOS MEDIOS OPTICOS
Medios de soporte de información
El surgimiento de la tecnología óptica
Luz y protuberancias
Tecnología digital
Otros sistemas ópticos
    El disco láser de video
    El CD-ROM - El CD-I
    El Photo-CD
    Los medios magneto-ópticos
    El DVD

CAPITULO 3
RESISTENCIA ELECTRICA
La resistencia eléctrica
Unidad de resistencia
La ley de Ohm
Resistividad
Circuito eléctrico
Otra vez la ley de Ohm
Cálculo de la corriente
Cálculo de la resistencia
Cálculo de la tensión
Los resistores en la práctica
La ley de Joule
Unidades de potencia, energía y calor
Calor específico de los materiales
DIODOS SEMICONDUCTORES
Introducción
Diodos semiconductores, rectificadores, zéner, de corriente constante, de recuperación en escalón, invertidos, túnel, varicap, varistores, emisores de luz
Otros tipos de LED

CAPITULO 4
ASOCIACION DE RESISTORES, ASOCIACION DE PILAS, POTENCIA ELECTRICA
Asociación de resistores
Asociación de pilas
Potencia eléctrica
Cálculo de potencia
Aplicación de la ley de Joule
Potencia y resistencia
CAPACITORES
La capacidad
Capacitores planos
La energía almacenada en un capacitor
Los capacitores en la práctica
Asociación de capacitores
Capacitores de papel y aceite
El problema de la aislación
Capacitores de poliéster y policarbonato, de poliestireno, cerámicos, electrolíticos
Capacitores variables y ajustables
Dónde usar los trimmers
Tensión de trabajo
Capacitores variables
Banda de valores
POR QUE APARECIERON LOS TRANSISTORES
Comienza la revolución digital
En el principio fue la válvula de vacío
Surge el transistor
¿Qué es en realidad un semiconductor?
Principio de operación de un transistor
Transistores contenidos en obleas de silicio
Surgen los microprocesadores
Familias MOS y MOSFET
Transistores de altas potencias
Futuro del transistor

CAPITULO 5
MAGNETISMO E INDUCTANCIA MAGNETICA
El efecto magnético
Campo eléctrico y campo magnético
Propiedades magnéticas de la materia
Cálculos con fuerzas magnéticas
Dispositivos electromagnéticos
Electroimanes y solenoides
Relés y Reed-relés
Los galvanómetros
Los inductores

Enigmaelectronica

LOS COMPONENTES DE CORRIENTE ALTERNA
Corriente continua y corriente alterna
Representación gráfica de la corriente alterna
Reactancia
Reactancia capacitiva
Fase en el circuito capacitivo
Reactancia inductiva
Fase en el circuito inductivo
¿Qué es una señal?
TIRISTORES Y OTROS DISPOSITIVOS DE DISPARO
Los tiristores
Rectificador controlado de silicio
Interruptor controlado de silicio
FotoSCR
Diodo de cuatro capas
SUS, TRIAC, DIAC, SBS, SIDAC, UJT

CAPITULO 6
LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS
La naturaleza de las ondas electromagnéticas
Polarización
Frecuencia y longitud de onda
El espectro electromagnético y las ondas de radio
Espectro electromagnético
EL TRANSISTOR COMO AMPLIFICADOR
Configuraciones circuitales básicas
El amplificador base común
El amplificador emisor común
El amplificador colector común
Resumen sobre polarización
Recta estática de carga
Recta dinámica de carga
Cálculo de los capacitores de paso
Acoplamientos interetapas
    a) Acoplamiento RC
    b) Acoplamiento a transformador
    c) Acoplamiento directo
FUNDAMENTOS FISICOS DE LA REPRODUCCION DEL SONIDO
Propagación de las vibraciones u ondas
La onda de sonido
Características físicas
    Frecuencia o tono
    Amplitud
    Intensidad
    Timbre
Velocidad del sonido
Reproducción del sonido
Tipos de reproductores acústicos (parlantes)

CAPITULO 7
EL SURGIMIENTO DE LA RADIO
Los experimentos de Faraday
Los planteamientos de Maxwell
Las ondas de radio y el espectro electromagnético
La telegrafía sin hilos
Estructura simplificada de una válvula diodo
Principio básico de operación de un receptor de radio
Las primeras transmisiones
La evolución de las comunicaciones por ondas radiales
El desarrollo de la radio comercial
Modulación en FM y transmisión en estéreo
TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO
Los FETs
El JFET
Efecto de campo
El MOSFET de empobrecimiento
MOSFET de enriquecimiento
Protección de los FETs

CAPITULO 8
INSTRUMENTOS PARA CORRIENTE CONTINUA
Instrumentos analógicos
Funcionamiento de algunos instrumentos analógicos
Empleo como amperímetro
Empleo como voltímetro
Ohms por volt en los voltímetros de continua
Causas de errores en las mediciones
Las puntas de prueba
Puntas pasivas
Puntas activas
MEDICIONES EN CIRCUITOS TRANSISTORIZADOS
a) apertura de los circuitos de polarización
b) apertura de los elementos del transistor
c) entrada en corto de los elementos del transistor
d) entrada en corto de elementos de acoplamiento de la etapa
EL SURGIMIENTO DE LA TV
Qué es la televisión
El televisor despliega señales eléctricas
Orígenes de la televisión
Se establecen los formatos
Cómo se convierte la imagen en señales eléctricas
La señal de video compuesto

CAPITULO 9
INSTRUMENTOS PARA EL TALLER Y MONTAJES DE EQUIPOS
El instrumental para reparaciones
Instrumentos para el banco de trabajo
Conjunto de instrumentos básicos
Probador de semiconductores
Lista de materiales del conjunto de instrumentos básicos
Lista de materiales del probador de semiconductores
Generador de señales para calibración y pruebas
Lista de materiales del generador de señales
Instrumentos para equipos de audio
Los galvanómetros
Vúmetro para señales débiles
Vúmetro para señales fuertes
Indicador de equilibrio
Modo de uso
DIODO ZENER
Características de operación
Ruptura del zéner
Curvas características
Resistencia del zéner
Efectos de la temperatura
Aplicaciones de los diodos zéner
Características de los diodos zéner comerciales
Comprobación de los diodos zéner
LOS MICROFONOS
¿Qué es un micrófono?
Teléfonos y micrófonos
El transductor
Tipos de micrófonos
Micrófono de carbón
Micrófono de capacitor
Micrófono de bobina móvil
Micrófono de cristal
Características de los micrófonos
Sensibilidad
Direccionalidad
Impedancia
Inmunidad al ruido

CAPITULO 10
PRIMERAS REPARACIONES EN EQUIPOS TRANSISTORIZADOS
Prueba de transistores con el téster
Análisis de montajes electrónicos
Lo que puede estar mal
Defectos y comprobaciones
Mediciones en pequeños amplificadores
Sustitución del componente
Equivalencias
MEDICIONES QUE REQUIEREN PRECISION
Método de compensación de Dubois-Reymond
Método de compensación de Poggendorf
DISPOSITIVOS ELECTRONICOS DE MEMORIA
Dispositivos de memoria
Aplicaciones de los circuitos de memoria
Técnicas de fabricación de las memorias digitales
Cómo trabaja una memoria digital
Memorias de la familia ROM
    Memorias ROM
    Memorias PROM
    Memorias EEPROM
    Memorias UV-EPROM
Memorias de la familia RAM
Memorias SRAM
Memorias DRAM
Memorias VRAM
Memorias NOVRAM
Memorias en equipos de audio y video
Memorias en computadoras PC
RAM, Caché, ROM
Memoria Flash
CMOS-RAM
Memoria de video

CAPITULO 11
IDENTIFICACION DE COMPONENTES
Cómo encarar la reparación de equipos electrónicos
Camino lógico
Conocer la operación de un circuito
EL LASER Y LOS CONCEPTOS DE LA LUZ
La luz en la época de las luces
Los planteamientos de Huygens
Los planteamientos de Newton
Einstein y el efecto fotoeléctrico
Partículas elementales de la materia
Absorción y emisión
Fuentes convencionales de luz
Emisión inducida o estimulada
Estructura básica del láser

CAPITULO 12
TV COLOR
Cómo transmitir imágenes
La transmisión de TV
La antena de TV
Antenas para varios canales
    a) Antena Yagi
    b) Antena cónica
    c) Antena logarítmica periódica
TV por satélite
El cable de bajada
El sintonizador de canales
La etapa amplificadora de FI de video
Neutralización y ajustes
El control automático de ganancia (CAG)
Los circuitos de sincronismo
El sincronismo vertical
El sincronismo horizontal
Los circuitos de sincronismo
El oscilador vertical
El oscilador horizontal
La deflexión horizontal
La deflexión vertical
Algunos defectos usuales

CAPITULO 13
REPARACIONES EN RECEPTORES DE RADIO
Pequeñas reparaciones
    1. Problemas de alimentación
    2. El defecto “motor de lancha”
    3. Fallas y ruidos en el control de volumen
    4. Interrupciones en las placas
    5. Cambios de componentes
    6. Problemas del parlante
    7. Problemas de ajuste
    8. Los componentes
    9. Análisis con el inyector de señales
    10. Conclusiones
REPARACION DE EQUIPOS CON CIRCUITOS INTEGRADOS
Cómo proceder
Búsqueda de fallas
Cómo usar el inyector
FIBRAS OPTICAS
Generalidades
Enlace óptico con fibra
Ventajas de las fibras ópticas
Física de la luz
Construcción de las fibras ópticas
Tipos de fibras
Atenuación de la fibra
Componentes activos
Diodos emisores de luz
Diodo de inyección láser

CAPITULO 14
INSTRUMENTOS PARA EL SERVICE
Inyector de señales
Fuente de alimentación
Generador de funciones
Generador de barras
Medidor de inductancia
Medidor de capacidades
Probador de CI
Punta de prueba digital
Instrumentos portátiles varios

CAPITULO 15
REGULADORES INTEGRADOS DE LA SERIE 78XX
Regulador de tensión patrón
Regulador fijo con mayor tensión de salida
Aumentando la tensión de salida con zéner
Tensión de salida ajustable con CI regulador fijo
Fuente de corriente fija
Fuente de corriente ajustable
Cómo aumentar la corriente de salida
Reguladores 78XX en paralelo
Regulador de tensión fijo de 7A
Regulador de 7A con protección contra cortos
Regulador ajustable utilizando CI 7805 y 741
Fuente de tensión simétrica utilizando CI 78XX

REPARACIONES EN ETAPAS DE SALIDA DE RECEPTORES DE RADIO
Primera configuración
Segunda configuración
Tercera configuración
Reparación con multímetro
Cómo medir tensiones en una radio
TEORIA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VIDEOGRABADORES
Qué es una videograbadora
Nota histórica
La grabación magnética
Grabación lineal contra grabación helicoidal
El formato VHS
Grabación de audio
Grabación azimuthal
El track de control y los servomecanismos
El sistema de control
Algunas características de las videograbadoras modernas
Manejo remoto
Grabación no asistida
Sistema de autodiagnóstico
Múltiples velocidades de reproducción
Efectos digitales

CAPITULO 16
LOCALIZACION DE FALLAS EN ETAPAS CON MICROPROCESADORES
Bloques básicos de control para los MP (µP)
Fuente de alimentación
Diagnóstico de fallas en la fuente
El reset
Diagnóstico de fallas en el reset
Reloj del µP (MP)
Diagnóstico de fallas en el reloj
LA TELEVISION DIGITAL (DTV)
¿Qué es la televisión digital?
Conversión analógico/digital
Teorema de muestreo de Nyquist
Muestreo, cuatización y resolución
Codificación A/D
Recomendaciones CCIR-601
Compresión digital
Reducción de datos
Tipos de compresión
Transformación
Transformación de coseno discreta (DCT)
Cuantización
Codificación
Método de codificación Huffman
Compresiones de audio
Normas internacionales de televisión digital
  JPEG - MPEG - Perfiles y niveles
  MPEG-1 - MPEG-2
Transmisión de TV progresiva y entrelazada
Formatos múltiples
Comentarios finales
USOS DEL GENERADOR DE BARRAS DE TV COLOR
Usos en la salida de RF
Usos en la salida de FI
Usos en la salida de video
Usos en la salidas de sincronismo
Usos en el barrido entrelazado y progresivo
Funciones y prestaciones del generador

CAPITULO 17
MANEJO Y OPERACION DEL FRECUENCIMETRO
¿Qué es un frecuencímetro?
Consejos para la elección de un frecuencímetro
Principio de operación del frecuencímetro
Aplicaciones del contador de frecuencia
Mediciones en audio y video
REPARACION DE EQUIPOS DE AUDIO
Medición de tensión en circuitos transistorizados
¿Qué efecto causa esa alteración en la calidad del sonido?
¿Qué ocurre si estos componentes presentan problemas?
Tensiones en salidas complementarias
Circuitos integrados híbridos
TEOREMAS DE RESOLUCION DE CIRCUITOS
Principio de superposición
1) Cálculo por leyes de Kirchhoff
2) Cálculo por el método de superposición
Teorema de Thevenin
Teorema de Norton

CAPITULO 18
¿QUE ES UNA COMPUTADORA?
Arquitectura de una PC
  Definición de computadora
  Antecedentes de las computadoras personales
  Las computadoras personales en los ‘70
  El surgimiento de la IBM PC
  La plataforma PC
  Generaciones de computadoras PC
Elementos de la PC
  Autotest de funcionamiento
  El primer autotest
  El disco de inicialización
  El proceso de la inicialización
  Conexión de periféricos
  Cómo funciona el plug and play
Instalación del sistema plug and play
Los componentes electrónicos de la PC
  Funcionamiento de un transistor
  Cómo es el transistor
  Funcionamiento de una memoria RAM
  Cómo se escriben los datos en una RAM
  Cómo se leen los datos desde una RAM
  Cómo funciona un microprocesador
  El microprocesador
  Los procesadores RISC y CISC
  El CISC
  Computación por conjunto reducido de instrucciones (RISC)
Cómo se comunican los periféricos con la PC
  La barra de direcciones de la PC
  Placas de expansión de 8 bits
  Placa de 16 bits o placa ISA
  Placa MCA de 32 bits
  Placa EISA de 32 bits
  Placa de bus local VESA (VL-BUS) de 32 bits
  Placa de bus local PCI
  Bus local VESA
  Bus local PCI

CAPITULO 19
ENSAMBLADO DE COMPUTADORAS
Arquitectura de una PC
Periféricos de entrada de datos
Dispositivos de proceso de información
Dispositivos de almacenamiento de información
Periféricos de salida de datos
Equipo necesario para la reparación
Factores a considerar en la elección de herramientas, componentes y programas
Reparación de máquinas muy básicas empleadas en hogares o en empresas pequeñas
  a) Herramientas y componentes
  b) Discos sistema
  c) Utilerías para el servicio
MANEJO DEL OSCILOSCOPIO
Qué es un osciloscopio
Principio de funcionamiento del osciloscopio
Tipos y marcas de osciloscopios
Controles típicos de un osciloscopio
Conexiones de señal
Mediciones de carácter general
Mediciones en audio y video
La función delay
TEORIA DE CIRCUITOS
Principio de sustitución
Teorema de Millman
Teorema de la máxima transferencia de energía
Teorema de la reciprocidad
Métodos de resolución de circuitos
Planteo de las ecuaciones
Método de mallas
Método de los nodos

CAPITULO 20
CIRCUITOS DE MONTAJE SUPERFICIAL
Antecedentes de los circuitos impresos
Estructura de un circuito impreso
Tipos de circuito impreso
Tecnología de montaje superficial
Encapsulados y matrículas
Encapsulados para transistores múltiples
Transistores de propósito general
Introducción
Diodos de sintonía
Diodos Schottky
Diodos de conmutación
Diodos múltiples de conmutación
Diodos zéner
Herramientas para la soldadura
Cómo soldar un componente SMD
Procedimiento
EL CONTROL REMOTO
Qué es un control remoto
El control remoto digital
Propiedades de las emisiones infrarrojas
Estructura física de un control remoto
Operación del circuito emisor
El circuito de control de la unidad remota
Operación del circuito receptor
El formato de la señal infrarroja
TRATAMIENTO DE LA INFORMACION EN UNA COMPUTADORA
Cómo suma una computadora
Cómo se almacena información en los discos
Almacenamiento de información
Almacenamiento de información en discos
Formateo de un disco
La disquetera unidad de disco flexible
Funcionamiento de las unidades de disco
La importancia del disco rígido
La unidades magneto-ópticas y flópticas
Las unidades de back-up QIC y DAT
Unidades de back-up QIC
Unidad de cinta de back-up DAT (cinta de audio digital)

CAPITULO 21
CODIFICACION DE SEÑALES DE TV
Diagrama en bloques del modulador de sonido
Recuperación del audio en el decodificador
CIRCUITO DE CONMUTACION
El transistor unijuntura en la conmutación
Circuitos de aplicación
Comportamiento de las cargas en un semiconductor
Dispositivos efectivos de disparo
Rectificador controlado de silicio
Triac - Diac
LA SUPERCONDUCTIVIDAD Y SUS APLICACIONES
Qué se entiende por superconductividad
Características de los superconductores
Aplicaciones de los superconductores
Generación de energía eléctrica
Mejores dispositivos electrónicos
Transportación terrestre
Aplicaciones

CAPITULO 22
MANTENIMIENTO Y REPARACION DE COMPUTADORAS
¿En qué consiste el servicio a una PC?
Mantenimiento
Reparación
Protección de la información
Actualización
Herramientas y componentes
Discos con sistema
Utilitarios para el servicio a PC
Utilitarios de información del sistema
Utilitarios que se incluyen en Windows 95 y Windows 98
Utilitarios de diagnóstico y Reparación
Programas integrados
Programas para mantenimiento y reparación
Reparaciones típicas
Mantenimiento correctivo y preventivo
Actualización

CAPITULO 23
COMUNICACIONES VIA SATELITE
Los satélites
La TV satelital
Elementos necesarios para ver TV satelital
Las antenas parabólicas
Construcción de un sistema para ver TV satelital

CAPITULO 24
TECNICAS DIGITALES
Lógica digital aplicada
Presentación de las principales compuertas
Lógica positiva y lógica negativa
Compuertas lógicas
Relaciones entre las compuertas
Leyes de De Morgan
Ejemplos con compuertas
Función lógica comparación
Compuertas lógicas comerciales TTL
Compuertas lógicas comerciales CMOS
Diseño de circuitos digitales
Expresiones canónicas
Qué se puede hacer con las compuertas
Diagrama de Veitch y de Karnaugh
Diseño de circuitos lógicos
Ejemplos de aplicación

Capítulo 1

Principios de Generación de la Electricidad

El principio físico según el cual una de las partículas atómicas, el electrón, presenta una carga a la que por convención se le considera negativa, constituye el fundamento de una de las fuentes de energía más importantes de la vida moderna: la electricidad. En este capítulo, de nivel básico, se explican las seis principales formas de generación de electricidad: *por fricción o inducción, por reacción química, por presión, por calor, por luz y por magnetismo*. Y también se aprovechan las explicaciones para sugerir algunos experimentos.

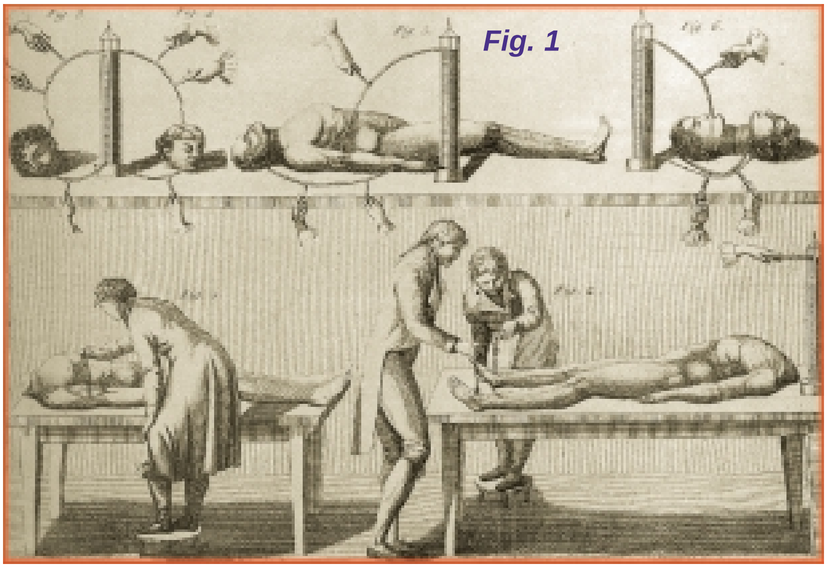
Si bien la electricidad fue conocida por los antiguos griegos aproximadamente en el año 600 AC, cuando Tales de Mileto observó que el ámbar adquiere la propiedad de atraer objetos ligeros al ser frotado, el primer estudio científico de los fenómenos **“eléctricos”** fue publicado en 1600, por William Gilbert, un médico británico que utilizó el término eléctrico (del griego *elektron*, que significa “ámbar”) para referirse a la fuerza que ejerce esa sustancia al ser frotada, y quien también estableció la diferencia entre las acciones magnética y eléctrica.

En esa época, aún no estaban totalmente sentadas las bases de la revolución científica de la que surgiría la física clásica, y que tomaría forma definitiva en el siglo XVIII, con Isaac Newton, quien estableció una serie de principios que darían base al método científico. No obstante, a partir de entonces se produjeron avances importantes que culminarían en el siglo XIX, cuando diversos investigadores desarrollan toda la base teórico-práctica para la generación, aprovechamiento y distribución de la electricidad, y que tendrían como punto final el establecimiento de las primeras redes de distribución de fluido eléctrico hacia los hogares y la industria (figura 1).

FORMAS DE GENERAR ELECTRICIDAD

Básicamente, existen seis formas diferentes de generar electricidad, aunque sólo algunas pueden considerarse fuentes eficaces de energía. Lo característico en todas es que hay que liberar los electrones de valencia a partir de otra fuente de energía para producir el flujo eléctrico; sin embargo, no es necesario analizar esta fundamentación para entender el tema central del presente capítulo.

Fig. 1



Las formas en que la electricidad puede ser generada son las siguientes: *por fricción o inducción, por reacción química, por presión, por calor, por luz y por magnetismo*.

ELECTRICIDAD POR FRICCIÓN O INDUCCIÓN

Ya mencionamos que la fricción entre materiales como forma de producir electricidad, fue descubierta desde la antigua Grecia. Por mera casualidad, Tales de Mileto observó que al frotar en la piel de los animales una pieza de ámbar, ésta adquiría la propiedad de atraer pequeños trozos de virutas de madera.

Actualmente, sabemos que cuando dos cuerpos se frotan entre sí, uno de ellos **“cede”** electrones al otro. Es decir, mientras de uno de esos cuerpos se desprenden tales partículas subatómicas, el otro las recibe; como resultado, el primero queda con déficit de electrones y el segundo con exceso.

Cuando un átomo tiene déficit de electrones, la carga total del material es positiva; cuando tiene exceso de electrones, el material adquiere una carga total negativa (figura 2). Para comprobar este fenómeno, frote varias veces en su cabeza un globo inflado; notará que éste puede atraer pequeños trozos de papel o mantenerse adherido a la pared por tiempo indeterminado (figura 3). Otro experi-

Cuando se frotan dos materiales como el vidrio y la tela, se produce un desprendimiento de cargas de uno al otro.

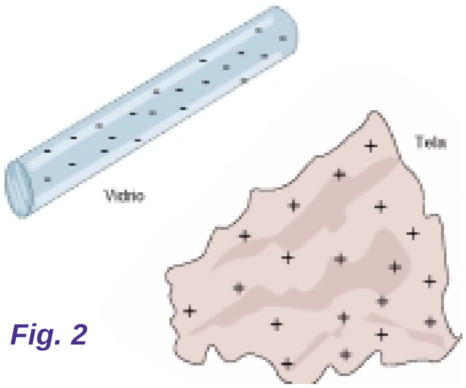


Fig. 2

Al frotar el globo en el cabello se produce un desprendimiento de electrones del globo, confiriéndole una carga positiva y haciendo que pueda atraer pequeños trozos de materiales como el papel.

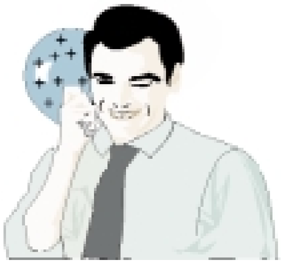


Fig. 3

mento consiste en peinarse el cabello seco, estando frente a un espejo y dentro de un cuarto oscuro; luego de pasar varias veces el peine, podremos observar que se producen chispas luminosas; esto se debe al efecto de desplaza-miento de cargas.

Conforme a lo que acabamos de explicar, la electricidad se produce por el paso de los electrones de un material a otro; es decir, por efecto de la fricción. Por lo tanto, se le conoce como ***"electricidad estática".***

Uno de los medios más conocidos para generar grandes cantidades de electricidad estática, es la *Máquina de Wimshurst* (figura 4). Este aparato consiste en dos discos plásticos colocados frente a frente, que giran en sentidos opuestos; sobre uno de ellos se encuentran varias laminillas conductoras.

La mutua influencia ejercida, origina un desplazamiento de cargas. La carga eléctrica de los discos es recuperada mediante un par de electrodos, los cuales se colocan de modo que estén en contacto con la superficie del disco que tiene las laminillas; cuando la cantidad de carga acumulada en la superficie de los discos es grande, se llegan a producir arcos eléctricos entre las terminales externas del dispositivo.

ELECTRICIDAD POR REACCIÓN QUÍMICA

Una de las formas más eficientes y ampliamente utilizadas para generar electricidad, es la de las reacciones químicas. Como ejemplo, tenemos las pilas y baterías utilizadas en equipos portátiles, radios, automóviles, etc.; se puede decir que una pila es un medio que transforma la energía química en eléctrica, ya que está formada por un electrolito (que puede ser líquido, sólido o de pasta), un electrodo positivo y un electrodo negativo.

El electrolito, una sustancia química, reacciona con los electrodos, de tal forma que a uno de ellos llegan los electrones liberados por la reacción -haciéndose negativo-, mientras que el otro, habiéndolos perdido, adquiere carga positiva (figura 5). Esta diferencia de cargas entre los dos electrodos se conoce como "diferencia de potencial". Si se conecta un cable conductor externo que los comunique, la diferencia de potencial origina un camino por el que los electrones del electrodo negativo pasan al electrodo positivo. Precisamente, al desplazamiento de los electrones a través de un conductor se le conoce con el nombre de "corriente eléctrica" (figura 6). Básicamente, podemos hablar de dos tipos de pilas: primarias y secundarias. En el caso de las primarias, la sustancia química utilizada se transforma lentamente en sustancias diferentes; y es que, a causa de la reacción química que libera los electrones, el electrolito no puede transformarse en la sustancia original que era antes de suceder aquélla (es cuando se dice que "las pilas se han descarga-

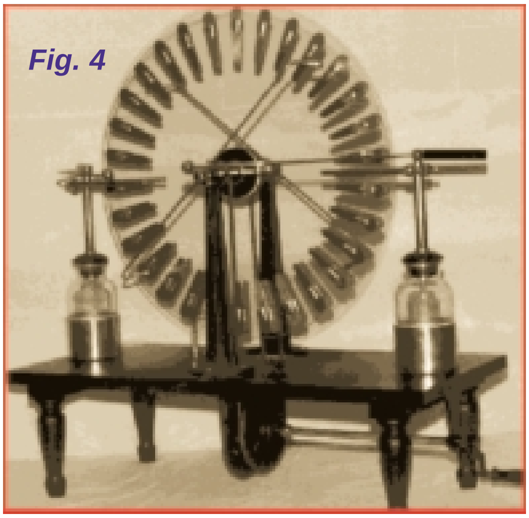


Fig. 4

En la pila el electrolito reacciona con los electrodos, produciendo una diferencia de carga eléctrica entre ellos.

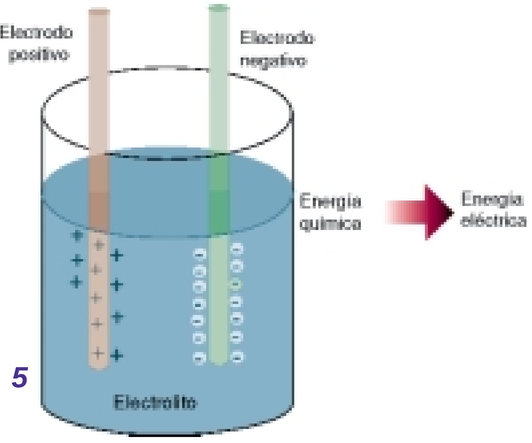
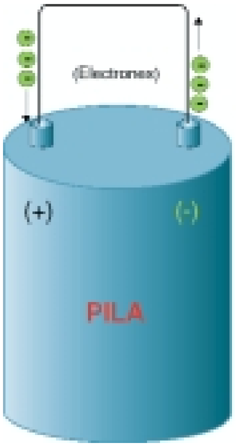


Fig. 5


(Electrones)
(+)
(-)
PILA

Si se conecta un conductor en las terminales de una pila, la diferencia de potencial entre ellas obliga a los electrones a desplazarse de una terminal a otra creando lo que se conoce como corriente eléctrica.

Fig. 6

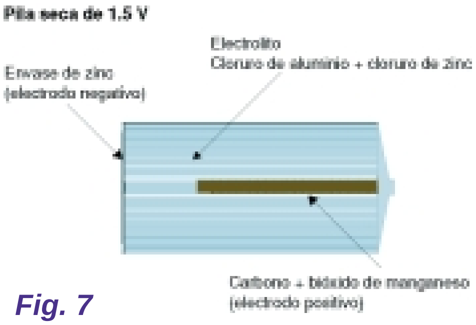

Pila seca de 1.5 V
Electrolito
Cloruro de aluminio + cloruro de zinc
Envase de zinc
(electrodo negativo)
Carbono + bióxido de manganeso
(electrodo positivo)

Fig. 7

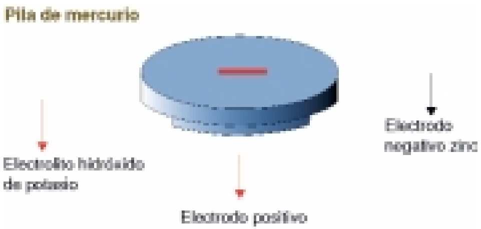

Pila de mercurio
Electrolito hidróxido
de potasio
Electrodo
negativo zinc
Electrodo positivo
óxido de mercurio

Fig. 8

do”). Las pilas de este tipo también reciben el nombre ***“voltaicas”***.

Por su parte, las pilas secundarias, baterías o acumuladores, tienen la característica de que en ellas el electrolito sí puede ser reconvertido después de utilizarse en las sustancias originales; para lograrlo, basta con pasar a través de él una corriente eléctrica, pero en sentido contrario al de su operación normal (esto es a lo que se llama “recarga de la pila”).

COMPONENTES Y APLICACIONES DE LAS PILAS

Una de las pilas primarias más comunes es la *Leclanché* o “pila seca”, inventada en los años 60 por el químico francés Georges Leclanché. El electrolito consiste en una pasta de cloruro de amonio y cloruro de zinc. Una lámina que se emplea como el electrodo negativo, sirve también como envase, y está construida con base en zinc; el electrodo positivo es la combinación de una barra de carbono con dióxido de manganesio, y al momento de combinar los tres elementos, se obtienen aproximadamente 1,5 volts entre la terminal central y el envase (figura 7).

Otro ejemplo de pila primaria, es aquella que se utiliza en equipos pequeños (tales como los relojes de pulso digitales). En esta pila ***-con forma de disco cilíndrico-,*** el electrolito es una solución de hidróxido de potasio, el electrodo positivo se hace con óxido de mercurio y el electrodo negativo con zinc. La pila de este tipo, conocida como “batería de mercurio”, genera aproximadamente 1,34 volts (figura 8).

Por lo que se refiere a la pila secundaria o acumulador (que como ya se dijo puede ser recargada al invertir la reacción química), cabe mencionar que fue inventada en 1859 por el físico francés Gaston Planté. Está formada por un electrolito de ácido sulfúrico y agua, con electrodos de plomo y óxido de plomo; internamente, está constituida por un conjunto de pilas individuales conectadas en serie (figura 9). Las pilas secundarias las encontramos en automóviles, aviones y en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica de fuentes de energía alternativa; ejemplo de estas últimas, son los paneles solares o los generadores movidos por viento.

FABRICACIÓN DE UNA PILA PRIMARIA

Para fabricar una pila primaria, se requiere solamente de un limón grande, una laminilla de cobre y una zinc, ambas de 5 x 1 cm. Lo único que hay que hacer es insertar las laminillas, una en cada cara del limón, procurando que entren lo más profundamente posible pero sin llegar a tocarse.

Con ayuda de un voltímetro, se puede comprobar fácilmente la diferencia de potencial que existe entre las laminillas. La terminal negativa se forma en el electrodo de zinc, mientras que la terminal positiva en el de cobre; el electrolito de nuestra pila es precisamente el

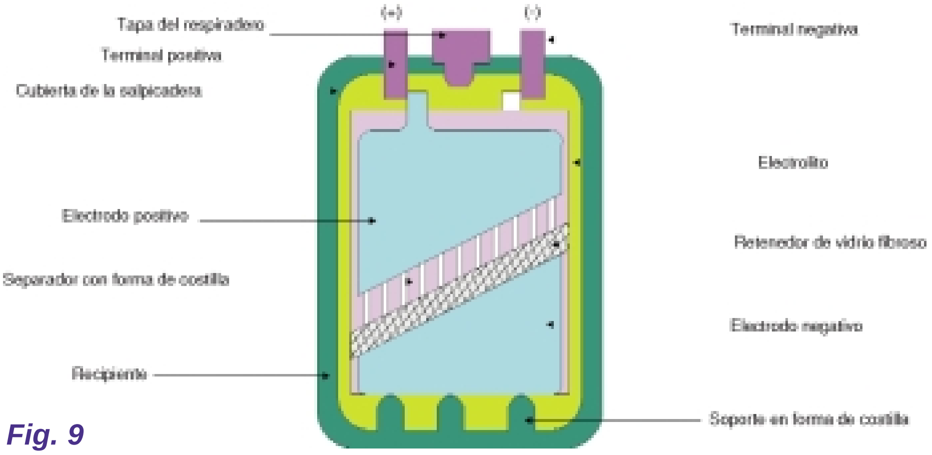

(+)
(-)
Tapa del respiradero
Terminal positiva
Cubierta de la salpicadera
Electrodo positivo
Separador con forma de costilla
Recipiente
Terminal negativa
Electrolito
Retenedor de vidrio fibroso
Electrodo negativo
Soporte en forma de costilla

Fig. 9

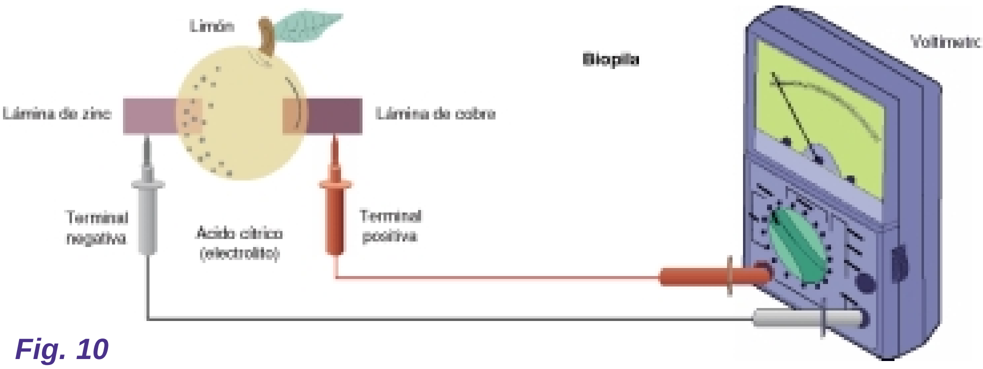

Limón
Lámina de zinc
Lámina de cobre
Terminal negativa
Acido cítrico (electrolito)
Terminal positiva
Biopila
Voltímetro

Fig. 10

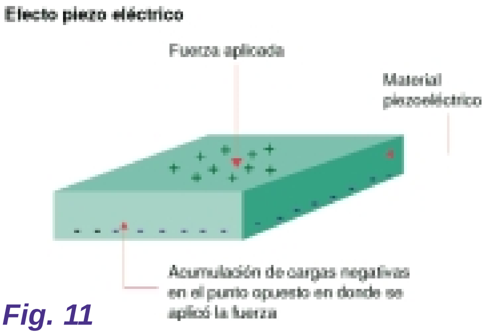

Efecto piezo eléctrico
Fuerza aplicada
Material piezoeléctrico
Acumulación de cargas negativas en el punto opuesto en donde se aplicó la fuerza

Fig. 11

ácido cítrico que contiene el zumo de limón. Vea la figura 10.

ELECTRICIDAD POR PRESIÓN

Los materiales piezoeléctricos son aquellos que liberan electrones cuando se les aplica una fuerza. Su nombre se deriva del término griego *Piezo*, que significa “presión”.

Cuando se aplica la fuerza sobre el material, los electrones son obligados a salir de sus órbitas y se desplazan hacia el punto opuesto a aquel en que se está ejerciendo la presión; cuando ésta cesa, los electrones regresan a los átomos de donde proceden. Sustancias como las sales de Rochelle y las cerámicas de titanato de bario, son especialmente efectivas para generar éste efecto.

El punto momentáneamente abandonado por los electrones a causa de la aplicación de la fuerza, se torna entonces positivo; por contra, el extremo más alejado de él se hace negativo: surge así entre ambos una diferencia de carga (figura 11).

Los materiales piezoeléctricos se cortan en formas especiales, de modo que sea posible controlar los puntos en donde existe la diferencia de potencial. Este efecto se aprovecha para generar señales electrónicas de audio en los micrófonos **“de cristal”,** los cuales están formados por un cristal piezoeléctrico sobre el que se coloca una tapa que lo deforma conforme a las variaciones de los sonidos que logran desplazarla. Años atrás, los cristales piezoeléctricos se utilizaban para recuperar la música grabada en forma de surcos en los discos de acetato negro (figura 12).

Además, los materiales piezoeléctricos tienden a deformarse cuando se les aplica un voltaje. Este fenómeno es explotado para generar señales electrónicas de una frecuencia fija y altamente estable.

ELECTRICIDAD POR CALOR

Cuando se aplica energía calorífica a determinados metales, éstos aumentan el movimiento cinético de sus átomos; así, se origina el desprendimiento de los electrones de las órbitas de valencia. Otros metales, se comportan de manera inversa.

Supongamos que un metal del primer tipo es unido superficialmente a un metal de comportamiento contrario, y que se les aplica calor. Mientras que uno será cada vez más positivo conforme se vayan liberando sus electrones, el otro **-que los absorbe-** se hará muy negativo al almacenar cargas negativas.

Tras retirar la fuente de calor, los metales se irán enfriando y entonces los electrones **“extras”** que fueron de momento alojados por uno de los metales, regresarán al de su procedencia. Cuanto más calor se aplique a la unión de esos metales, mayor será la cantidad de carga eléctrica que pueda producirse. A

En un micrófono piezoeléctrico la presión ejercida sobre el cristal por las ondas sonoras genera una señal eléctrica equivalente.

En una aguja de fonógrafo las variaciones de los surcos sobre el disco ejerce una fuerza en el cristal, el cual genera una señal eléctrica equivalente al audio grabado originalmente.

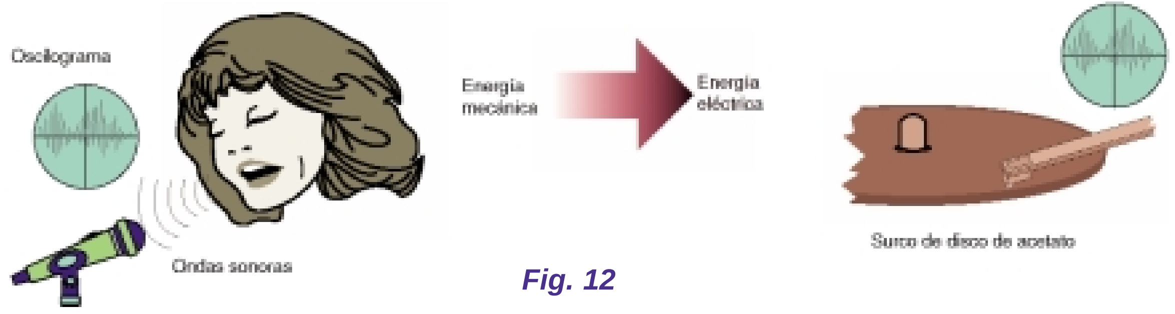

Oscilograma
Ondas sonoras
Energía mecánica
Energía eléctrica
Surco de disco de acetato

Fig. 12

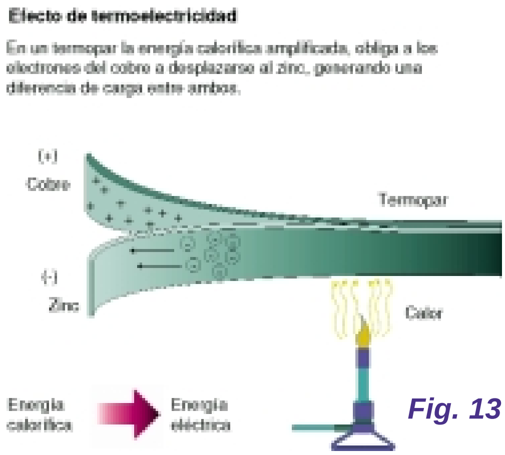

Efecto de termoelectricidad
En un termopar la energía calorífica amplificada, obliga a los electrones del cobre a desplazarse al zinc, generando una diferencia de carga entre ambos.
(+)
Cobre
Termopar
(-)
Zinc
Calor
Energía calorífica
Energía eléctrica

Fig. 13

éste fenómeno se le conoce como ***“termoelectricidad”.***

A aquellos dispositivos formados por la unión de dos metales y que presentan el efecto de termoelectricidad, se les denomina ***“termopar”*** (figura 13).

El fenómeno de la termoelectricidad puede ser fácilmente comprobado mediante un sencillo experimento. Haciendo uso de un alambre de cobre y uno de zinc, hay que formar una trenza de aproximadamente 30 cm de largo; se deben dejar libres unos 5 cm de cada alambre. Enseguida, con una vela, se calienta el principio de la trenza; finalmente, con un voltímetro se mide la diferencia de potencial en los extremos que se dejaron libres. En aplicaciones reales se unen varios dispositivos termopar, en circuitos serie/paralelo, para aumentar la cantidad total de corriente y de voltaje. Este dispositivo, en su conjunto, es conocido como ***“termopila”***. En general, podemos decir que las termopilas transforman la energía calorífica en energía eléctrica.

ELECTRICIDAD POR LUZ

El “efecto fotoeléctrico” consiste en la liberación de electrones de un material, cuando la luz incide sobre éste. El potasio, el sodio, el cesio, el selenio, el sulfuro de plomo, el germanio, el silicio y el cadmio, son algunos de los materiales que presentan tal característica.

Aplicaciones del efecto fotoeléctrico

Al efecto fotoeléctrico se le pueden dar tres distintas aplicaciones en electrónica:

a) Fotoionización. La luz aumenta la conducción que se realiza del cátodo a la placa de una válvula de gas (bulbo), debido a la ionización (liberación de los electrones de valencia del gas contenido).

b) Efecto fotovoltaico. Al producirse cargas en los extremos de los materiales semiconductores, se origina una diferencia de potencial (como en el caso de las pilas).

c) Efecto de fotoconducción. Puesto que son liberados los electrones de materiales cristalinos (que normalmente presentan alta resistencia eléctrica), aumenta su conductividad y disminuye su resistencia eléctrica al paso de la luz (figura 14).

Fue en 1905, cuando el físico alemán Albert Einstein propuso por primera vez una teoría que explicaba de manera satisfactoria el efecto fotoeléctrico. Su teoría señala que la luz está formada por fotones (es decir pequeños paquetes de energía), los cuales chocan contra la superficie de las sustancias; si tienen suficiente energía, serán capaces de liberar a los electrones de valencia del material y, por consecuencia, provocarán excesos y déficit de cargas.

El efecto fotovoltaico se explota para generar electricidad, mediante el uso de celdas solares fotovoltaicas. Para ello, se necesita montar una gran cantidad de paneles solares, donde las celdas vienen de fábrica en grupos dispuestos en serie/paralelo para generar grandes cantidades de voltaje y corriente.

Actualmente ya existen subestaciones piloto, en las que se genera

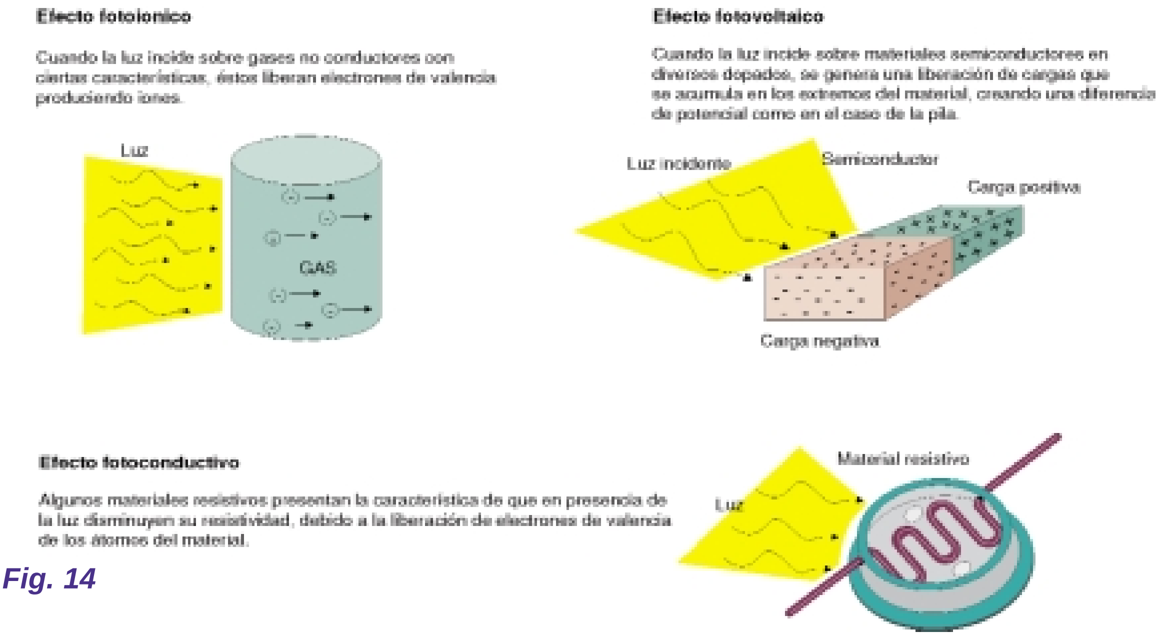

Efecto fotoionico
Cuando la luz incide sobre gases no conductores con ciertas características, éstos liberan electrones de valencia produciendo iones.
Luz
GAS
Efecto fotovoltaico
Cuando la luz incide sobre materiales semiconductores en diversos dopados, se genera una liberación de cargas que se acumula en los extremos del material, creando una diferencia de potencial como en el caso de la pila.
Luz incidente
Semiconductor
Carga positiva
Carga negativa
Efecto fotoconductivo
Algunos materiales resistivos presentan la característica de que en presencia de la luz disminuyen su resistividad, debido a la liberación de electrones de valencia de los átomos del material.
Luz
Material resistivo

Fig. 14

El desplazamiento de un conductor dentro de un campo magnético, obliga a los electrones del mismo a desplazarse (generando un acumulamiento de carga eléctrica y por tanto un potencial eléctrico útil.)

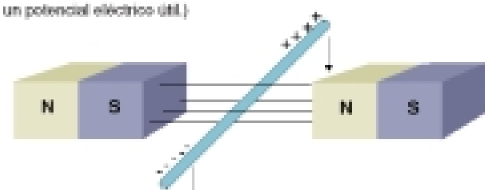


Fig. 15

electricidad a partir de la energía solar que llega a la Tierra durante el día. Para su consumo durante la noche, parte de esta energía es almacenada en acumuladores.

Si se toma en cuenta que es muy fácil conseguir celdas solares, no habrá problema alguno para, con una de al menos 10 x 10 cm, generar potenciales de hasta 1,5 volts ***-verificables mediante voltímetro-*** que bien pueden alimentar a motores pequeños.

ELECTRICIDAD POR MAGNETISMO

¿Ha notado la capacidad que tienen algunas personas de orientarse aun en lugares donde no hay puntos de referencia claros? Esta capacidad algo que puede explicarse: existe en la nariz un depósito de un compuesto basado en el hierro, el cual tiene la misma función de una brújula; dicho depósito tiene conexiones nerviosas al cerebro, de tal manera que la interacción de su campo con el campo magnético de la Tierra, produce una cierta respuesta o estímulo que el cerebro procesa, permitiendo la orientación del individuo. Esa capacidad está casi perdida en los humanos, pero no en otros organismos como el atún, el delfín y otros más, que la utilizan como medio de orientación durante sus migraciones masivas.

El magnetismo es una forma de energía capaz de atraer metales, gracias al campo de fuerza que genera. A su vez, el campo magnético de un imán está formado por fotones, pero de una frecuencia distinta a la de la luz. Cuando un alambre conductor cruza perpendicularmente las líneas de fuerza magnética de un imán, los fotones del campo obligan a los electrones de dicho conductor a desplazarse; de esta forma, dado que en uno de sus extremos se produce un acumulamiento de electrones y en el otro un déficit, se obtiene un conductor con un extremo positivo y otro negativo. Esto es a lo que se llama ***"magnetoelectricidad" (figura 15).***

Con este principio, se construyen generadores eléctricos con cientos de espiras de alambre que rodean un núcleo ferromagnético. Todo se monta sobre un eje giratorio, dentro de un campo magnético intenso. Al girar, las espiras de alambre cortan cientos de veces las líneas de fuerza magnética; con esto se obliga a los electrones de cada una de las espiras a establecer una acumulación de cargas, la cual se globaliza para finalmente obtener magnitudes considerables de voltaje y de corriente aprovechables.

Los generadores eléctricos los encontramos, por ejemplo, en las bicicletas, con el nombre de "dinamos". Cuando la rueda de la bicicleta gira, la dinamo también lo hace y entonces genera suficiente electricidad para alimentar a una pequeña lámpara. En los autos, el generador eléctrico se llama ***"alternador"***, debido a que produce electricidad alterna en vez de directa; su estructura es prácticamente igual a la de cualquier generador convencional, ya que gira gracias al impulso que le suministra el propio motor del auto. La energía producida por el alternador se utiliza para recargar al acumulador (pila secundaria) del propio vehículo.

Los generadores de este tipo son ampliamente utilizados en el campo de la electricidad comercial. Para ello se recurre a diferentes fuerzas que hacen girar a los generadores, entre las que se cuenta al vapor de agua, las presas, las centrales nucleoeléctricas, etc. Para comprobar esta forma de generar electricidad, habrá que conseguir un motor pequeño (como los utilizados en los juguetes); una vez obtenido, se coloca en sus terminales de alimentación un voltímetro en el rango más bajo; al hacer girar manualmente el eje del motor, se observará que el valor leído por el voltímetro aumenta ***-lo cual indica la presencia de una diferencia de potencial- (figura 16).***

CONCLUSIÓN

Queda claro, por las explicaciones anteriores, que la electricidad es un fenómeno físico asociado a cargas eléctricas estáticas o en movimiento; por lo tanto, es una manifestación de la estructura atómica de la materia.

El hombre conoció la electricidad por diversos acontecimientos naturales como los rayos y las propiedades del ámbar, pero no fue sino hasta el siglo XIX ***-cuando ya estaban bien sentadas las bases de la física clásica-*** que surgió la ciencia de la electricidad y del magnetismo, que a la postre permitiría la generación, aprovechamiento y distribución de esta fuente de energía para beneficio de la humanidad.

Para comprobar la generación de electricidad, coloque un voltímetro en las terminales de alimentación del motor y gire el eje. Observe el resultado

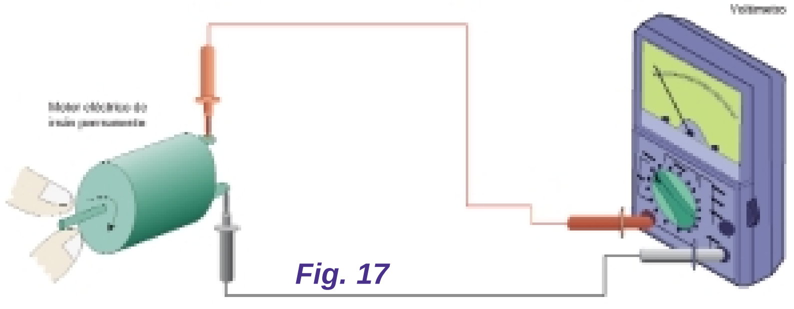

Motor eléctrico de imán permanente
Voltímetro

Fig. 17

Un Vistazo a la Electrónica de Hoy

Es muy probable que ésta sea la primera vez que lee una publicación de electrónica, es por ello que haremos un pequeño resumen de lo que está ocurriendo en la actualidad en materia de "electrónica".

Ya sea que usted encienda el televisor, escuche un CD, hable por teléfono, utilice el cajero automático, navegue por Internet o consulte una base de datos computarizada, lo más probable es que esté haciendo uso de alguna tecnología digital. Es por ello que haremos un breve recuento del panorama tecnológico que se avizora en el presente y en el que, de una u otra forma, intervienen sistemas y circuitos digitales.

EL IMPERIO DE LOS BITS

La tecnología digital no sólo ha permitido la fabricación de nuevos aparatos de consumo que ofrecen prestaciones inéditas, tal es el caso de los televisores con efectos digitales, los reproductores de CD, las agendas y traductores de bolsillo e incluso las nuevas ***"mascotas virtuales";*** también ha modificado nuestra percepción del mundo y de nosotros mismos por el surgimiento de nuevos sistemas de comunicación, de los que la red Internet y la televisión por satélite son algunos ejemplos. E igualmente ha propiciado una revolución en nuestros sistemas de aprendizaje, laborales, fabriles, de diagnóstico clínico y en numerosos campos más, gracias a los microprocesadores. En resumidas cuentas, la humanidad no es la misma ni piensa igual que hace una generación.

Las sociedades antiguas evolucionaban de manera muy lenta, en parte porque no había medios de comunicación ágiles y, por consecuencia, no había mucho contacto entre culturas distintas. No en vano la imaginación popular concibió tantos mitos y leyendas, pues los pueblos sin comunicaciones son campo fértil para la superstición.

No es el caso de este fin de siglo, que se caracteriza por su dimensión a escala del planeta y por sus cambios tan profundos y tan rápidos. La tecnología, y especialmente la electrónica, es quizás la muestra más perceptible de ese mudar incesante que llega a producir vértigo y desconfianza.

¿Quién, siendo adulto, no ha sentido alguna vez recelo por los nuevos sistemas de entretenimiento como los videojuegos y el Tamagotchi?

¿Quién no se ha impresionado por la capacidad de procesamiento de las computadoras? ¿Quién, especialmente si su área de trabajo es la electrónica, está completamente seguro que no necesita adaptarse y asimilar nuevos conocimientos?

Algo es muy cierto de esta época: el mundo se nos mueve, y mucho. Ese es justamente uno de los rasgos de lo que algunos especialistas llaman ***"era digital".***

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL

Si bien la tecnología digital no ha desplazado a la tecnología analógica, y no sabemos si llegue a hacerlo, sí ha mostrado una mayor eficiencia en cuanto al tratamiento de señales y el almacenamiento y procesamiento de información, lo que a su vez ha dado origen a nuevos sistemas electrónicos y nuevas prestaciones de los equipos. Y es que un aparato que antes requería de una enorme y compleja circuitería analógica para llevar a cabo cierto proceso, ahora, con los recursos digitales, no sólo puede incorporar novedosas funciones, sino también ser simplificado en su construcción. Además, gracias a los circuitos de conversión analógico/digital y digital/analógico, la electrónica de los bits ha invadido de forma exitosa áreas que se consideraban verdaderos bastiones de las señales análogas.

La tecnología digital puede expresar sonidos, imágenes y datos con sólo dos estados lógicos: ausencia y presencia de voltaje, o unos y ceros.

Esto permite manejar información con un gran margen de seguridad, pues un 1 y un 0 siempre serán 1 y 0, mientras que los niveles de voltaje de una señal análoga pueden sufrir degradaciones durante los procesos electrónicos, ser influenciadas por ruidos externos, sufrir pequeños errores en el proceso de almacenaje y/o recuperación, etc. Y aunque las señales digitales también son susceptibles de las mismas alteraciones, es posible aplicar poderosos métodos de detección y corrección de errores que garantizan la fiabilidad de la información grabada, transmitida, procesada o recuperada.

Otras ventajas de la tecnología digital sobre la analógica son las siguientes: la posibilidad de comprimir los datos de manera muy eficiente; la capacidad de mezclar múltiples señales en un solo canal sin que se interfieran entre sí; el uso de razones variables de datos; etc.

Por supuesto, al igual que todos los avances que son profundamente innovadores, la tecnología digital es resultado de los desarrollos en otros campos: la construcción de circuitos integrados de bajo costo y muy alta complejidad; las nuevas técnicas de manejo de datos numéricos, que permiten operaciones más eficientes y simplifican procesos muy complicados; la fabricación de poderosos microprocesadores capaces de efectuar millones de operaciones por segundo; y, en general, de una continua evolución en el manejo de señales digitales.

COMUNICACIONES

Ya sabemos que las comunicaciones electrónicas van mucho más allá de una simple conexión telefónica. Revisemos algunos sistemas que ya se están empleando en nuestros días y que posiblemente se vuelvan elementos cotidianos en un futuro cercano.

Videoconferencia

No obstante que ya tiene más de 100 años de haber sido inventado, el teléfono ha mostrado pocos cambios significativos en sus principios básicos de operación (de hecho, es posible utilizar un aparato antiguo en las modernas líneas digitales). Sin embargo, desde hace varios años se ha trabajado en sistemas que permiten además observar en una pequeña pantalla al interlocutor.

Se han hecho múltiples experimentos en esa dirección, aunque un obstáculo muy importante es la inversión necesaria para sustituir los tradicionales cables de cobre de la red telefónica, por un tendido de fibra óptica que permite un ancho de banda muy amplio. Cuando sólo se maneja una señal de audio (y ni siquiera de muy alta calidad), es suficiente el cableado tradicional, pero cuando se requiere enviar el enorme flujo de datos que implica la transmisión de una imagen en movimiento, la pérdida de fidelidad en el trayecto es tal que la comunicación se vuelve prácticamente imposible.

A pesar de esta limitante, a la fecha se han realizado algunos experimentos que permiten la transmisión de imágenes de baja resolución, utilizando las mismas líneas telefónicas y el mismo estándar de comunicaciones que emplean millones de teléfonos alrededor del mundo. Compañías tan importantes como Casio, AT&T, Laboratorios Bell, Matsushita y otras más, han presentado prototipos funcionales de sistemas que son capaces de transmitir igualmente voz e imagen. Por supuesto, la imagen transmitida es de muy baja resolución y con una frecuencia de refresco de apenas unos cuantos cuadros por segundo, pero se espera que, conforme se desarrollen las tecnologías de codificación y de compresión de datos, su calidad mejore.

Hasta el momento ningún sistema ha sido aceptado por las grandes compañías telefónicas como un estándar, aunque ya está en uso una alternativa muy prometedora: por medio de la red Internet es posible enlazar dos o más computadoras utilizando las líneas telefónicas tradicionales, y entre sus mensajes intercambiados se puede hacer una combinación de audio y video comprimido, en pequeños ***"paquetes"*** que se decodifican en el sistema receptor y se presentan al usuario como voz proveniente de la tarjeta de sonido e imagen expedida en el monitor. La ventaja de esta innovación, es que las computadoras pueden estar ubicadas en puntos muy distantes del planeta, pero el costo de la llamada no es de larga distancia, sino local, de la misma manera que los demás servicios de Internet.

No está de más recordar otro servicio moderno que constituye una alternativa de comunicación barata, eficiente e instantánea: el correo electrónico. Si usted está conectado a Internet sabe a qué nos referimos.

Televisión vía satélite

Seguramente usted ha sido testigo de la propagación de antenas parabólicas que reciben directamente la señal de un satélite.

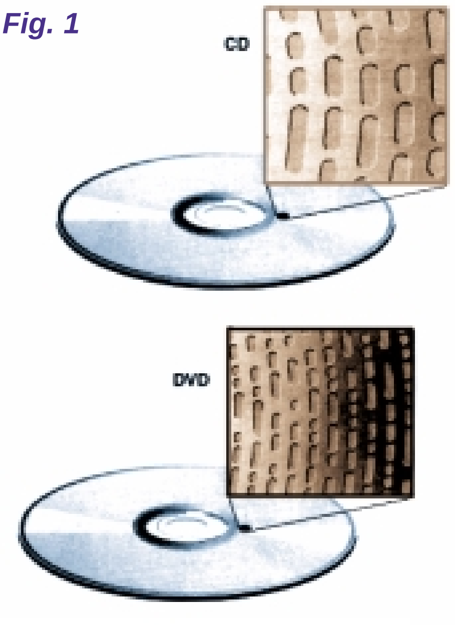
En los años 60's, en plena carrera entre norteamericanos y soviéticos por la conquista del espacio, comenzaron las primeras transmisiones de televisión por satélite. Al principio, con el lanzamiento del *Early Bird* apenas se consiguió un flujo de 240 llamadas telefónicas simultáneas entre Europa y Estados Unidos; sin embargo, de entonces a la fecha los circuitos de manejo de señal incluidos en los satélites, han avanzado a tal grado que un satélite moderno puede manejar cientos de canales de TV y audio a la vez, al tiempo que transfiere enormes cantidades de datos derivados de los flujos de llamadas telefónicas.

Conforme se desarrolló todo un sistema de satélites comerciales, las grandes compañías televisoras pudieron vender directamente sus señales a los usuarios. Fue entonces cuando se comenzó a instalar en muchos hogares del mundo las tradicionales antenas parabólicas que toman la señal que ***"baja"*** del satélite y la entregan a un receptor especial que finalmente recupera las emisiones televisivas. La desventaja de dicho sistema, es que se requiere una antena de grandes dimensiones y un enorme mecanismo que permita cambiar su orientación hacia tal o cual satélite.

Ese sistema de recepción de TV vía satélite ha quedado obsoleto gracias a las técnicas digitales, que mediante una poderosa compresión de datos hacen posible la transmisión y codificación de varios canales en el mismo ancho de banda dedicado normalmente a un solo canal. De esta manera, es posible utilizar una pequeña antena orientada de manera permanente hacia una misma dirección, desde donde transmite su señal uno o más satélites geoestacionarios. A este nuevo sistema se le conoce como DTH-TV (siglas de *Direct-to-Home TV* o televisión directa al hogar).

Internet también ha sido planteado como un recurso para la transmisión de programas televisivos, aunque igualmente se ha topado con la barrera del ajustado ancho de banda de las líneas telefónicas tradicionales; sin embargo, es posible que con la aparición de los llamados ***Cable Modems*** (dispositivos que utilizan las líneas de TV por cable para establecer enlaces vía Internet) y el consiguiente aumento en la velocidad de transferencia de datos, la TV por esta red se convierta en algo cotidiano.

Fig. 1



Una comparación entre el tamaño de los pits de información de unCD y los de un DVD.

Comunicación y localización personal

La telefonía celular es un medio de comunicación que apareció hace pocos años y que ha tenido buena aceptación, y si bien las emisiones son analógicas, su tecnología depende en los centros de control de sistemas digitales muy complejos. Además, se le han incorporado recursos digitales de encriptación de conversaciones para evitar que personas ajenas puedan interceptar llamadas, así como ***"llaves de seguridad"*** que permiten precisar si una llamada efectivamente proviene de un cierto teléfono o si algún ***"pirata"*** está tratando de utilizar la línea sin derecho. Una adición más, es el cálculo automático de facturación, por medio del cual el usuario puede ir controlando sus consumos telefónicos.

También han surgido sistemas masivos de radiolocalización, los llamados ***beeper***, los cuales pueden transmitir mensajes sin importar el punto de la ciudad donde se encuentre el usuario. Para ello, las compañías proveedoras del servicio poseen estaciones radiales, que emiten en todas direcciones el mensaje, pero con una clave digital única para que sólo pueda ser decodificada por el receptor destinatario. Incluso, el mismo mensaje se envía en formato digital y se despliega en una pantalla de cristal líquido mediante caracteres alfanuméricos.

Pero hay todavía un sistema de localización personal no muy conocido.

¿Ha observado en algunos camiones repartidores la leyenda ***"Protegido con sistema de localización vía satélite"***?

Esta forma de ubicación se basa en un pequeño aparato denominado ***GPS (Global Positioning System o Sistema de Posición Global)***, el cual recibe las señales enviadas por tres o más satélites colocados en órbita estacionaria; midiendo de forma muy precisa el tiempo que tarda cada señal en llegar, es posible determinar la ubicación del camión (lo cual se logra con un margen de error de pocos metros); para llevar a cabo este cálculo, los GPS necesitan forzosamente de una computadora que mide los retardos de las señales de los satélites, realiza la triangulación de señales y localiza con exactitud el punto del globo terrestre en que se encuentra.

Este método también ha revolucionado los sistemas de orientación en la navegación marítima y aérea, pues permiten a los capitanes de barco y a los pilotos consultar en tiempo real la posición del barco o la nave a través de una computadora a bordo que recibe las señales del GPS.

El DVD

Recientemente entró al mercado de consumo y de computación un nuevo sistema de almacenamiento de información que seguramente va a reemplazar a las cintas de video y al CD convencional: nos referimos al formato de audio y video digital conocido como DVD o disco versátil digital.

Estos discos tienen un aspecto muy similar al de un CD común; de hecho, su tecnología de fabricación es similar, con la salvedad de que pueden almacenar una cantidad de datos seis veces mayor a la de un disco de audio digital debido a que es menor el tamaño de los *pits* de información (figura 1); y aun esa capacidad podría llegar a ser hasta más de 20 veces superior a la que alcanza un CD, gracias a un sistema de grabación por capas (figura 2).

Esto hace que el DVD se convierta en un medio de almacenamiento ideal para video digitalizado, con la ventaja de que proporciona mejor calidad de imagen que las tradicionales cintas magnéticas, y que además ofrece las ventajas del medio óptico: su nulo desgaste y la posibilidad de añadir datos de control y de detección y corrección de errores en la lectura.

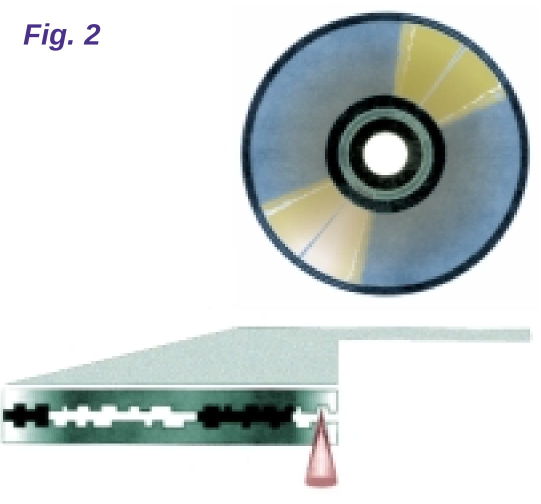
La televisión de alta definición

Aunque ya tiene más de 50 años, el formato de televisión NTSC sigue rigiendo la transmisión y recepción de señales televisivas en

AUDIO Y VIDEO

Esta es una área donde los cambios son percibidos muy rápidamente por el público consumidor y por el especialista electrónico, y probablemente es la que más influye en nuestros hábitos de entretenimiento. Enseguida haremos referencia a algunos de sus principales avances.

Fig. 2



En el DVD, es posible grabar hasta cuatro capas independientes, lo que multiplica aún más la capacidad de almacenamiento.

la mayor parte del mundo.

Este formato fue diseñado a finales de los años 40´s, y aunque gradualmente se le han añadido ciertas innovaciones (como la inclusión del color o del audio en estéreo), en un aspecto tan importante como la resolución de imagen no ha habido mejoras. Dicho formato puede manejar un máximo de alrededor de 350 líneas horizontales, lo cual queda muy por debajo del manejo de video en computadoras personales, donde las imágenes son de 600, 700 o más de 1000 líneas de resolución horizontal.

Ya hace más de diez años que en Europa, Japón y Estados Unidos se han planteado nuevos formatos de televisión de alta definición incluso, en Argentina, hace unos meses hemos asistido a la primera trasmisión en HDTV realizada por el canal 13 de Bs. As. Sin embargo, el problema de su estandarización es que requieren un tipo de televisor especial para dichos formatos, y los millones de aparatos que ya existen son incompatibles con los nuevos sistemas. No obstante, después de años de investigación y discusiones, finalmente en 1997 se aprobó en Estados Unidos un nuevo estándar que ofrece una resolución horizontal superior a las mil líneas, lo cual permite el despliegue de imágenes con calidad equivalente a la de una película de 35 mm.

Para conseguir este impresionante incremento en la resolución sin que se dispare el ancho de banda requerido, se necesita forzosamente del proceso digital de imágenes, las cuales, una vez convertidas en 1's y 0's, pasan por complejos métodos de compresión de datos que permiten reducir el ancho de banda de la señal a aproximadamente una sexta parte de su tamaño original.

Esta señal reducida puede transmitirse utilizando el mismo ancho de banda que necesita un canal de TV común, lo cual es muy conveniente porque amplía la flexibilidad en el manejo del espectro electromagnético (de por sí ya cercano al punto de saturación).

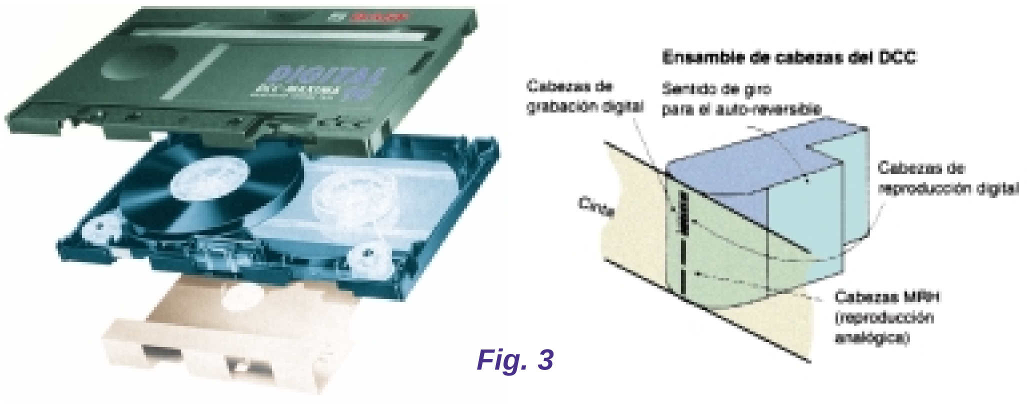

DIGITAL
Ensamble de cabezas del DCC
Cabezas de grabación digital
Sentido de giro para el auto-reversible
Cinta
Cabezas de reproducción digital
Cabezas MRH (reproducción analógica)

Fig. 3

Una desventaja de dicho sistema de televisión, es que es incompatible con los actuales receptores PAL o NTSC; es decir, los televisores actuales no podrán captar la nueva señal, como sí ocurrió con el surgimiento de la TV color, y los receptores en blanco y negro pudieron seguir funcionando normalmente.

Métodos de grabación de audio digital

A pesar de que el manejo digital del audio no es novedoso (se popularizó en 1981, con el surgimiento del disco compacto), hasta hace algunos años no existía un medio que fuera no solamente de lectura, sino también de escritura. En la actualidad existen varias opciones a nivel de consumidor para la grabación de audio digital: el DAT, el DCC y el Mini-Disc. Cada uno de estos sistemas funciona con principios particulares y son incompatibles entre sí.

El DAT o cinta de audio digital, es un sistema patentado por Sony que trabaja con base en un tambor giratorio similar al de una videograbadora; puede almacenar una señal estereofónica de audio muestreada con una precisión de 16 bits y una frecuencia de 48kHz, garantizando una buena captura de toda la gama dinámica audible por el ser humano. Este sistema fue el primero que ofreció al público consumidor la posibilidad de grabar audio en formato digital; no obstante sus ventajas, no tuvo mucha aceptación, excepto en los estudios de grabación y en las radiotransmisoras.

El DCC es también un sistema de cinta, aunque trabaja con base en cabezas múltiples que graban los *tracks* de manera paralela (figura 3). Este sistema es una patente de Philips y tiene la ventaja de que el aparato, a pesar de grabar y reproducir cintas en formato digital, es compatible con los cassettes de audio analógicos, que también es una patente de Philips de 1963. Con esto se buscó que los consumidores tuvieran un incentivo adicional para adquirir este nuevo formato, aunque hasta la fecha sus resultados no son muy exitosos (su principal punto de venta es Europa).

Finalmente, el Mini-Disc, otra patente de Sony, trabaja por medios magnetoópticos, lo que le permite combinar las ventajas del disco compacto y la flexibilidad de las cintas en cuanto a su capacidad de grabación (figura 4). Este desarrollo parece ser el más prometedor de los tres métodos de grabación de audio digital a nivel consumidor, aunque con la próxima generación de DVD's grabables, es posible que no alcance su consolidación.

Proceso digital de audio

Los fabricantes equipos de audio, están incluyendo en sus diseños sistemas que ofrecen novedosas experiencias auditivas, tales como la emulación del sonido envolvente de una sala de conciertos, de un espacio abierto, de un concierto al aire libre, etc.

Esta reproducción de ambientes sonoros es posible gracias al proceso digital de señales, que identifican las características fundamentales de las distintas locaciones comunes y, por métodos lógicos, los emulan para dar al espectador la impresión de estar en un recinto completamente distinto a la sala de su casa.

Estos aparatos incluyen complejos procesadores que, a partir de una señal original, pueden recrear los ecos y rebotes de sonido que produ-cen ciertas salas o sitios específicos, ***“rodeando”*** al auditorio con sonidos que le dan la sensación de encontrase en dicha localidad.

PROCESAMIENTO DE DATOS

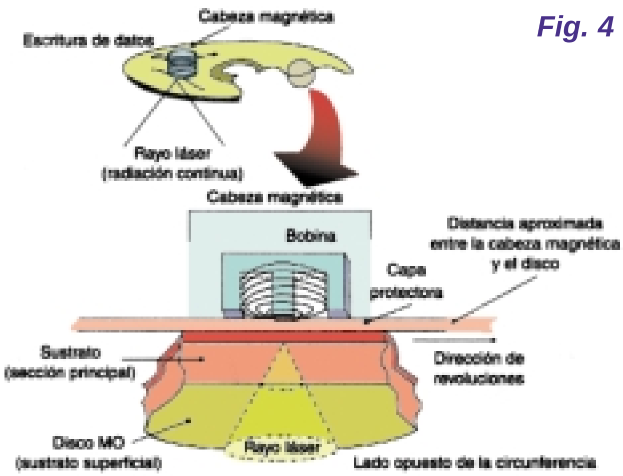
No hay rama de la tecnología que avance a un ritmo tan acelerado como la informática, tanto en sus aspectos de *hardware* como de *software*. A tal grado han evolucionado las computadoras en los últimos años, que se estima que la potencia de cálculo conjunta de todos los ordenadores que controlaron la misión Apolo 11 que llevó por primera vez al hombre a la Luna en 1969, es menos poderosa y versátil que una computadora moderna. Analicemos algunos puntos relevantes de esta tecnología.

Microprocesadores

Desde que se desarrollaron los primeros circuitos integrados en la década de los 60´s, se vislumbró la posibilidad de condensar en una sola pastilla de silicio todos los elementos necesarios para efectuar los complejos cálculos que se llevan a cabo en una computadora; sin embargo, es posible que los investigadores no imaginaran que se podrían incorporar cientos de miles e incluso millones de elementos semiconductores en un *chip* de apenas algunos milímetros cuadrados.

Los modernos microprocesadores de quinta y sexta generación de la plataforma PC, están constituidos por más de cinco millones de transistores que trabajan a altísimas velocidades, alcanzando 900MHz de frecuencia de reloj. Tan sólo el Pentium III de Intel incluye unos 10 millones de transistores y trabaja con velocidades que van de 300 a 800MHz, y ya se anunciaron frecuencias todavía mayores.

Fig. 4



Otros desarrollos en el campo de los microprocesadores, es la incorporación de grandes magnitudes de memoria caché de rápido acceso para la ejecución predictiva de operaciones, la inclusión de múltiples líneas de ejecución que permiten realizar más de una operación por ciclo de reloj, la ampliación de los buses de comunicación que permite la adquisición o expedición de varios bytes a la vez, la inclusión de las unidades de punto flotante en la misma estructura del *chip*, etc. De hecho, aproximadamente cada seis meses los fabricantes de microprocesadores presentan alguna innovación que hace a sus dispositivos más poderosos y flexibles.

Esto ha puesto al alcance de cualquier usuario promedio de computadoras, una capacidad de procesamiento de datos que hasta hace pocos años estaba destinada a grandes empresas o universidades. Como un dato interesante, le diremos que TRON, una película de Disney filmada en la segunda mitad de los 70´s, fue una de las primeras cintas que incorporó animaciones en computadora con gráficos renderizados en tres dimensiones. Pues bien, en aquella época se requirió toda la potencia de una computadora Cray de 64 bits para realizarlas; en la actualidad, los videojuegos de la consola Nintendo 64 incluyen un microprocesador de 64 bits de *Silicon Gra-phics* y pueden generar animaciones de mejor calidad que las de obtenidas en TRON y ni que hablar de las modernas máquinas de 128 bits.

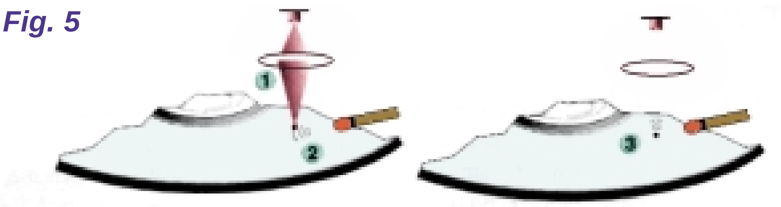
Capacidad de almacenamiento de datos

Actualmente, una computadora con microprocesador Pentium, equipo multimedia, disco duro de más de un gigabyte, tarjeta de fax-módem, etc. llega a costar menos de mil dólares. En cambio, hace unos quince años tan sólo un disco duro de 10 ó 20 megabytes (el 1% de la capacidad típica actual), podía costar unos $1.500.

Al igual que la mayoría de componentes de una computadora, los discos duros han experimentado una caída sensible en sus precios asociada a crecientes mejoras tecnológicas; en este caso, hablamos de un extraordinario incremento en la capacidad de almacenamiento, disminución de los tiempos de acceso a los datos y fiabilidad de la información. Ello se ha conseguido gracias a avances en la tecnologías de fabricación de los platos magnéticos, de las cabezas de lectura/escritura y de los circuitos que codifican y manejan la información.

Incluso, desde hace algunos años se viene utilizando la tecnología magnetoóptica como alternativa para el almacenamiento de datos (figura 5). Y no hay que olvidar que el CD-ROM (la misma tec-

Fig. 5



Para grabar un disco por medios magneto-ópticos, un rayo láser de alta potencia eleva la temperatura de un punto en el disco (1), al tiempo que se le aplica un campo magnético intenso (2). Gracias al "electo Curie", una vez que se ha apagado el láser el punto queda magnetizado, con lo que queda grabado un bit de información (3).

nología del disco compacto de audio digital, pero aplicada a sistemas de cómputo) por muchos años se mantuvo como el medio por excelencia para la venta de programas multimedia, debido a su alta capacidad de almacenamiento (hasta 640 MB de información) y muy bajo costo.

Es más, pruebas de laboratorio en las que también se combinan las tecnologías óptica y magnética, prometen multiplicar por un factor de 10 la capacidad de almacenamiento, utilizando básicamente los mismos discos magnéticos; al mismo tiempo, se están experimentando métodos para grabar información en cristales fotosensibles e incluso para utilizar memorias tipo RAM como principal medio de almacenamiento de datos, con el consiguiente aumento de la velocidad de acceso.

Gracias a estos avances, se calcula que hacia principios del próximo siglo una computadora estándar podría contener decenas o cientos de gigabytes de información en dispositivos de tamaño muy reducido.

Internet

Pocos temas han generado tanta expectativa como Internet, aun entre el público que raramente trabaja con una computadora; y es que la red mundial de computadoras ofrece una serie de servicios que definitivamente han modificado el concepto de la comunicación. Internet es una red mundial de computadoras conectadas entre sí por medio de líneas de rápido acceso, a través de comunicaciones vía satélite o por simples líneas telefónicas. Estos son los servicios de Internet más utilizados, y todos al costo de una llamada telefónica local:

1) Correo electrónico. *Permite el intercambio de información escrita (pueden enviarse también imágenes, gráficos o cualquier otro tipo de archivo computacional) de forma prácticamente instantánea y a cualquier parte del mundo.*

2) IRC. *Permite entrar a grupos virtuales de conversación escrita, en los que navegadores de distintas partes del planeta "se reúnen" para intercambiar experiencias sobre un tema específico; lo que un usuario escribe en su computadora los otros lo reciben. A estos servicios también se les conoce como chats. El concepto también ha evolucionado hacia la conversación directa como si fuera una llamada telefónica (los llamados Internet-phone) e incluso hacia la transmisión de la imagen de los interlocutores.*

3) La World Wide Web *(telaraña mundial). Es un sistema basado en "páginas ", que no son otra cosa que interfaces similares a las que se utilizan en los programas multimedia, es decir, pantallas con texto, gráficos, sonidos, animación y otros elementos de control que se utilizan en los programas con interface gráfica. Y al igual que en un progra-ma multimedia, la pantalla tiene textos e imágenes sensibles que, al colocar el puntero del ratón y hacer clic, permiten "saltar" de un punto a otro de la misma página o hacia otra página.*

La Web es la parte más exitosa de Internet y la que de hecho ha popularizado a esta red mundial de computadoras, debido a su manejo extraordinariamente sencillo. Cualquier persona, aunque no tenga conocimientos de computación, puede "navegar" en la Web. Además, otra de sus ventajas es que hay millones de páginas en todo el mundo, puestas por las empresas, por las universidades y por particulares, que brindan acceso gratuito a todo tipo de información. De hecho, es muy importante que usted, ya sea estudiante, hobista, técnico en electrónica o profesional, vaya pensando en adquirir una computadora (si no la tiene) y conectarse a Internet, si es que aún no lo ha hecho. A través sus páginas en la Web, los fabricantes de equipos electrónicos brindan mucha información gratuita y sumamente valiosa; además, se pueden intercambiar experiencias con otros usuarios de diferentes partes del mundo, etc.

Existen otros servicios disponibles en Internet, como grupos de discusión, listas de correo, transferencia de archivos de un servidor hacia cualquier computadora que lo solicite (FTP), etc., pero sin duda estos son los más empleados por el usuario típico. ****************

El Mundo de la
Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el estúpido Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica inter-nacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Oscar Montoya Figueroa, Leopoldo Parra y Felipe Orozco.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

2

El Mundo de la Electrónica

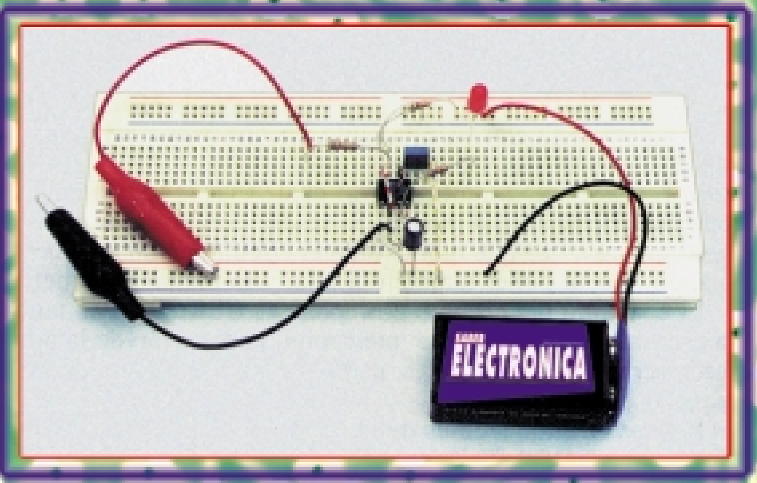
TV
AUDIO
VIDEO

ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

REP. ARG.
EDICION ESPECIAL: 3002

¿Qué es la Electricidad y qué es la Electrónica?



COMPUTADORAS - MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 2

¿QUE ES LA ELECTRICIDAD Y QUE LA ELECTRONICA?

Estructura atómica 19
Atomos: protones, electrones y neutrones 19
Constitución del átomo: protones, electrones y neutrones...............................19
Iones positivos y negativos 19
Conductores, semiconductores y aislantes..19
Flujo de electrones 19
Diferencia de potencial, tensión, fuerza electromotriz 20
Corriente eléctrica 20
Resistencia eléctrica 20
Conductancia 21
Clasificación de los resistores.......................21
Código de colores para resistores 22
Pilas y baterías..23

CONDUCCION DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Los conductores y los aislantes....................24
La electricidad como fluido.........................24
Tipos de conductores 25
Campo eléctrico y corriente eléctrica.......27
El campo eléctrico 27
Corriente electrónica y corriente convencional..28
Velocidad de la corriente 29

LA REVOLUCION DE LOS MEDIOS OPTICOS

Medios de soporte de información 29
El surgimiento de la tecnología óptica 30
Luz y protuberancias....................................30
Tecnología digital 31
Otros sistemas ópticos..................................31
El disco láser de video...............................31
El CD-ROM - El CD-I...................................32
El Photo-CD 32
Los medios magneto-ópticos...................32
El DVD 32

Capítulo 2

¿Qué es la Electricidad y qué es la Electrónica?

ESTRUCTURA ATOMICA

Atomos: protones, electrones y neutrones

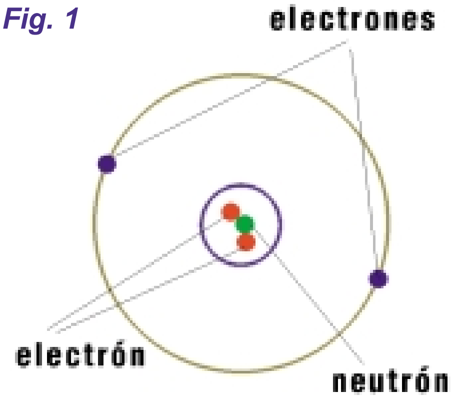
La corriente eléctrica es el paso de electrones por un conductor. Dichos electrones están en todas las cosas pero arraigados a la estructura de un átomo constituyente de un elemento químico.

Para aclarar el tema, digamos que todos los cuerpos están formados por elementos químicos (el agua, por ejemplo, está formada por los elementos químicos hidrógeno y oxígeno), y que un átomo es la parte más pequeña a la que puede ser reducido un elemento químico.

Constitución del átomo: protones, electrones y neutrones

Si se pudiera dividir el átomo de un elemento, tendríamos pequeñísimas partículas que son las que dan a los átomos sus particulares características. Debemos saber que un átomo de un elemento se diferencia de un átomo de otro elemento en el número de ciertas partículas subatómicas que tiene cada uno de ellos, y éstos son los electrones.

Fig. 1



En el centro del átomo está el núcleo, que tiene dos clases de partículas: los protones y los neutrones; alrededor del núcleo giran los electrones en órbitas electrónicas, así como ocurre con los planetas que giran en torno al sol.

Una característica importantísima de los protones y neutrones es que tienen carga eléctrica, vale decir: tienen una energía intrínseca y natural, puesta de manifiesto por las fuerzas que pueden ejercer sobre otras partículas del mismo tipo y que originan fenómenos de atracción y repulsión entre partículas cargadas eléctricamente. Se ha constatado que dos electrones o dos protones se repelen entre sí; es indudable que las dos partículas tienen cargas eléctricas de distinto signo: se las denominó carga eléctrica positiva (+) al protón y, al electrón, carga eléctrica negativa (-). Sin embargo, los neutrones del núcleo son partículas que tienen igual cantidad de carga positiva que de negativa; por lo tanto, tiene un efecto neutro por la anulación mutua entre los dos, el neutrón no ejerce fuerza eléctrica sobre un electrón o protón y tiene la función de separar los protones que están en el núcleo. Un átomo es eléctricamente neutro y eso quiere decir que la cantidad de electrones es igual al número de protones; ese número de electrones se denomina **"NUMERO ATOMICO"**. Los neutrones tienen intervención en la masa atómica, que está prácticamente en el núcleo; el resto es espacio vacío donde los electrones giran a grandes velocidades (figura 1).

Iones positivos y negativos

Cuando por cualquier circunstancia un átomo gana o pierde electrones, se dice que dicho átomo se ha ionizado.

Se denomina ***ION POSITIVO*** cuando el átomo tiene más protones que electrones e ***ION NEGATIVO*** cuando tiene más electrones que protones. Como cargas de distinto signo se atraen, cuando están cerca iones negativos y positivos, éstos se unen, pero también puede ocurrir que solamente se desprendan los electrones que tiene de más el ión negativo y se dirijan hacia el ión positivo para neutralizar su carga.

Cuando esto ocurre, se dice que el paso de los electrones "neutralizadores de carga" constituyen una CORRIENTE ELECTRICA.

Conductores, semiconductores y aislantes

Existen materiales que permiten el paso de los electrones con mayor facilidad que otros. Se denomina conductor de la corriente eléctrica a todo aquel material que ofrece muy poca resistencia al paso de los electrones (cobre, plata, oro, platino, etc.) Un aislante de la corriente eléctrica es todo aquel material que ofrece una elevada resistencia al paso de los electrones. Existen otros materiales que, según como se los trate, se comportan como conductores o como aislantes. Dicho de otra manera, son materiales sobre los cuales se puede "regular" el paso de la corriente eléctrica; a dichos materiales se los denomina ***SEMICONDUCTORES.***

Flujo de electrones

Se denomina corriente eléctrica al paso de los electrones por un

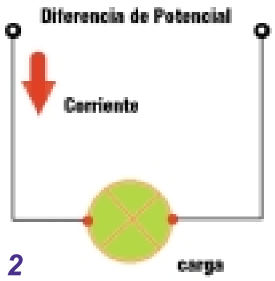


Fig. 2

conductor de la corriente eléctrica (o semiconductor). Su unidad es el ampere (A) y "mide" la cantidad de electrones que atraviesan a un elemento en una unidad de tiempo.

Para que pueda establecerse una corriente eléctrica tiene que existir algo que impulse a los electrones a circular de un lado a otro.

Diferencia de potencial, tensión, fuerza electromotriz

Como hemos dicho, para que se establezca una corriente eléctrica debe existir algo que impulse a los electrones para que se muevan. Por ejemplo, colocando iones negativos de un lado de un conductor e iones negativos del otro, se establecerá una corriente eléctrica que será más grande cuanto mayor sea la "***diferencia de cargas entre los iones***".

Se dice que para que exista un flujo de electrones debemos aplicar "***energía al conductor***". Cuando la energía proviene de una fuerza del tipo eléctrico, se la denomina ***"fuerza electromotriz"*** porque permite el desplazamiento de electrones al desprenderse de los átomos.

Esa fuerza electromotriz puede originarla una batería. Ejemplo: el acumulador de un auto, una pila o un generador para alimentar una ciudad, como los que usan las compañías de electricidad. Estas fuentes de energía tienen 2 terminales, o polos negativo y positivo, y se dice que existe una tensión eléctrica o diferencia de potencial, que produce la fuerza eléctrica ya mencionada.

Consideremos a una tensión o diferencia de potencial como un "desnivel" que debe existir entre 2 puntos de un conductor para que se produzca un movimiento de electrones y, entonces, una corriente eléctrica (figura 2).

Algo parecido es lo que sucede en un río, para que ocurra un desplazamiento de agua: el terreno tiene que estar en desnivel; de una misma forma, si hay una diferencia de potencial en electricidad, ésta es comparable a una diferencia de presión entre 2 extremos de una cañería que lleva agua o cualquier fluido, y es producida por una bomba. En la atmósfera, el viento es similar a una corriente eléctrica, que se produce por una diferencia de presión que existe entre una zona ciclónica y otra anticiclónica. La unidad denominada ***VOLT***, se utiliza para medir la tensión eléctrica; se abrevia "**V**". Una pila de carbón genera entre bornes una tensión de 1,5V, un acumulador de auto genera una tensión de 12V y la que genera la compañía de electricidad es de 220V, en Argentina. Muchas veces, en **electrónica** usaremos tensiones más pequeñas que el VOLT, pero en **electricidad industrial** es común hablar de KILOVOLT (kV), que equivale a 1.000V.

1 volt = 1.000 milivolt
1V = 1.000mV

1 volt = 1.000.000 microvolt
1V =1.000.000µV

1 volt = 0,001 kilovolt
1V = 0,001kV

CORRIENTE ELECTRICA

Un flujo de electrones en movimiento —*como causa de la aplicación de una fuerza electromotriz o fuente de tensión a un conductor eléctrico*— es lo que llamamos corriente eléctrica. El flujo está formado por electrones libres que, antes de aplicarles la tensión, eran electrones que estaban sujetos por la atracción de los núcleos de los átomos que constituyen el conductor.

En sus trayectos, los electrones libres chocan contra los iones positivos del material y retroceden y vuelven a ser acelerados por la fuerza electromotriz. Los choques son el motivo por el cual el conductor se calienta cuando lleva corriente eléctrica, ya que cualquier choque entre 2 cuerpos ocasiona un desprendimiento de energía en forma de calor.

La corriente eléctrica por un conductor se define como:

"el número de electrones libres que pasa una sección cualquiera del conductor en un momento específico".

Los electrones llevan una carga eléctrica medida en ***COULOMB*** y podemos decir que la corriente eléctrica es la carga eléctrica transportada por esos electrones durante el intervalo de tiempo considerado. Si la carga eléctrica es de 1Cb y el tiempo es de 1s, se obtendrá una corriente eléctrica de 1A (inicial de AMPERE, por el físico francés AMPERE), siendo la unidad de corriente eléctrica. En electrónica, esta unidad de medición resulta grande, por tal motivo se utilizan los submúltiplos del ampere.

1mA = 0,001A
1A = 1.000mA (miliampere)
1µA = 0,000001A
1A = 1.000.000µA (microampere)
1µA = 0,001mA
1mA = 1.000µA

RESISTENCIA ELECTRICA

Definamos la resistencia eléctrica de un conductor como una propiedad del material que representa la oposición del mismo frente al paso de la corriente eléctrica. La oposición se origina como consecuencia de los choques entre los electrones libres de la corriente y los iones positivos del metal. La causa de estos choques es el calentamiento del conductor, el que, a su vez, lo transmite al medio ambiente.

La resistencia se mide en OHM, llamado así por el físico alemán

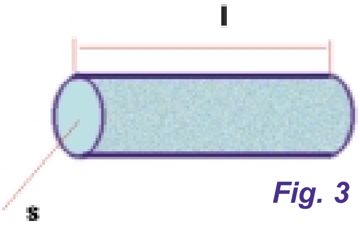


Fig. 3

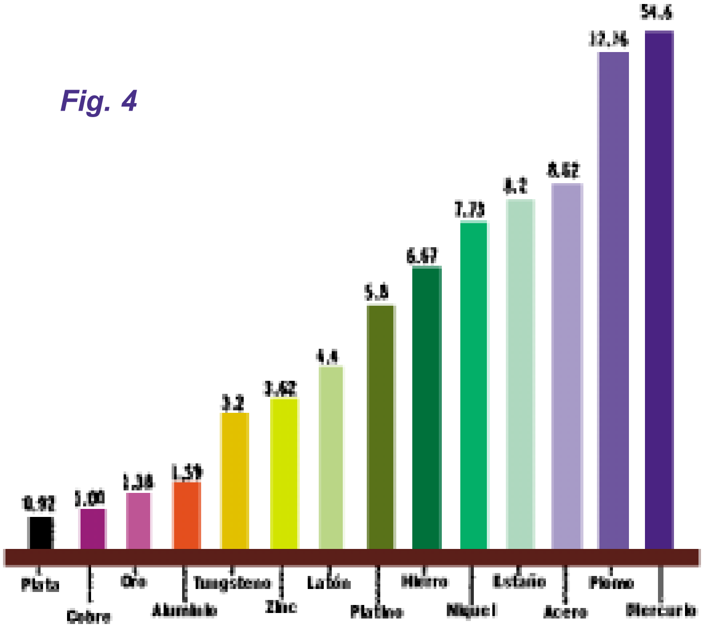


Fig. 4

que lo descubrió. La resistencia eléctrica del material dependerá de tres factores: la longitud, la sección transversal y la resistividad del material. Veamos cómo es la fórmula matemática:

$$R = \frac{\rho \times l}{S} \quad \text{(ver fig. 3)}$$

La resistividad del material (ρ) es un número y su valor nos muestra si es bueno, o no, pequeño o grande; o sea, cómo es el material como conductor de electricidad, y se mide en Ω x m (fig. 4). Cabe aclarar que, normalmente, la resistividad de un metal aumenta con la temperatura.

CONDUCTANCIA: se denomina así a la inversa de la resistencia, se simboliza con la letra G y se mide en mho (al revés de ohm) o en SIEMENS.

$$G = \frac{1}{R} =$$

La unidad es:

mho = SIEMENS

CLASIFICACION DE LOS RESISTORES:

Veamos una definición de los resistores. Son componentes electrónicos fabricados especialmente para que tengan ciertos valores de resistencia. En varios casos, los valores en ohm de los resistores son muy altos, utilizando múltiplos del ohm, como, por ej., el kilo-ohm, igual a 1.000 ohm, que tiene una abreviatura k, y el mega-ohm, igual a 1.000.000 ohm, que tiene una abreviatura M. Entonces:

1kΩ = 1000Ω
1MΩ = 1000000Ω = 1000kΩ

Podemos agrupar a los resistores (figura 5) en:

1) Resistores de composición de carbón
2) Resistores de película metálica
3) Resistores de alambre

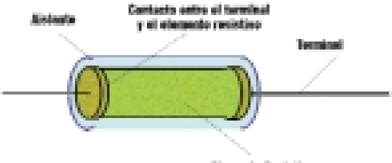


Fig. 6

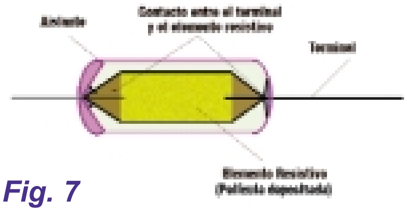

Aislante
Contacto entre el terminal y el elemento resistivo
Terminal
Elemento Resistivo (Película depositada)

Fig. 7

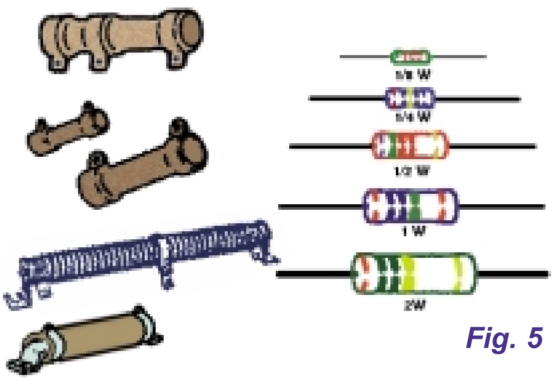


Fig. 5

1) Resistores de composición de carbón

Estos se fabrican mezclando polvo de carbón y un aglomerante hasta darle forma de barrita, para fijar los terminales. El conjunto se encapsula con una resina fenólica o baquelita para protegerlo de la humedad y la temperatura, tiene un rango de valores de resistencia entre 1 y 22MΩ. En electrónica son los resistores más usados por su bajo costo (figura 6).

2) Resistores de película metálica

Estos se fabrican depositando una película metálica, que está a alta temperatura, sobre un tubito de vidrio, al que se fijan los terminales y se los encapsula como dijimos anteriormente.

Tienen un alto costo y se usan solamente cuando se necesita una gran exactitud en el valor de resistencia; ejemplo: instrumentos electrónicos (figura 7).

3) Resistores de alambre

Se fabrican arrollando un alambre hecho de aleaciones de cromo, níquel, etc., sobre un cilindro de cerámica. El conjunto se recubrirá de barniz, así se protege el alambre de la influencia de la humedad y temperatura. Estos son

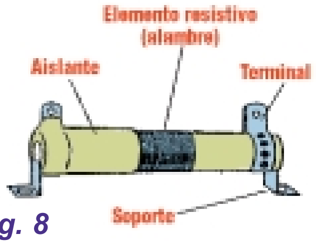


Fig. 8

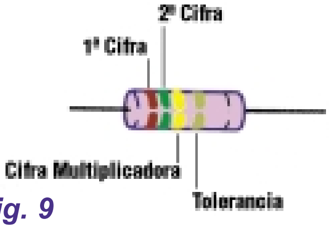


Fig. 9

grandes y se utilizan para la conducción de altas corrientes. El rango de valores de resistencia está entre 1 y 100kΩ (figura 8).

Codigo de Colores para Resistores

Por el código de colores se lee el valor de resistencia, que está impreso sobre el cuerpo del resistor. Cada color representa un dígito decimal: las 2 primeras bandas de colores, que están ubicadas más cercanas de un extremo, representan el valor en Ω; la 3ª banda representa el número por el que hay que multiplicar el valor anterior para obtener el valor final de resistencia; la 4ª banda representa la tolerancia, cuyo valor se explicará más adelante (figura 9).

La correspondencia entre un color y su valor se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

COLOR	DIGITO	MULTIPLICADOR
NEGRO	0	1
MARRON	1	10
ROJO	2	100
NARANJA	3	1000
AMARILLO	4	10000
VERDE	5	100000
AZUL	6	1000000
VIOLETA	7	10000000
GRIS	8	
BLANCO	9	
DORADO		0,1
PLATEADO		0,01

La tolerancia de un resistor es un número expresado en porcentaje, que representa el margen superior o inferior que puede tomar un valor nominal (por el código de colores) del resistor. Ejemplificando, diremos que para resistores de carbón se tienen tolerancias del ±5%, ±10% y ± 20%. Si el valor nominal es de 100 y la tolerancia de ±10%, el valor real estará comprendido entre 100 y 90; finalmente, para una tolerancia de ± 20%, el valor real será entre 120 y 80.

La tolerancia nos indica hasta cuánto puede estar el valor por encima o por debajo del componente.

Es un método práctico del fabricante para asegurar al usuario los límites máximos y mínimos del valor de un resistor. Como el proceso de fabricación no permite establecer valores precisos con anterioridad, en los resistores de composición de carbón la convención es ésta:

COLOR DE LA 4ª BANDA	TOLERANCIA
DORADO	±5 %
PLATEADO	±10 %
SIN COLOR	± 20 %

La potencia de un resistor no viene impresa en el resistor, pero se reconoce por su tamaño. Esa potencia tiene un significado de la máxima cantidad de calor que puede dar el resistor por el paso de corriente y, si ésta excede, se quemará por la alta temperatura obtenida. Se mide en watt (W). Los resistores de carbón se fabrican de 1/8W; 1/4W; 1/2W; 1W y 2W, y el tamaño aumenta gradualmente con la potencia. Para mayores potencias se utilizan resistores de alambre; los de película metálica pueden disipar hasta 1W. Los resistores de composición de carbón se fabrican con valores nominales de resistencia ya normalizados y el número dependerá del valor de la tolerancia. Para una tolerancia del 20%, las cifras significativas de los valores nominales son: 10, 15, 22, 33, 47, 68.

Las cifras significativas para una tolerancia del 10% son: 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82. Para una tolerancia del 5% las cifras significativas de los valores nominales son: 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82, 91. En la figura 10 se dan ejemplos de valores de resistores de composición de carbón mediante el código de colores. Vea ejemplos de valores de resisto-

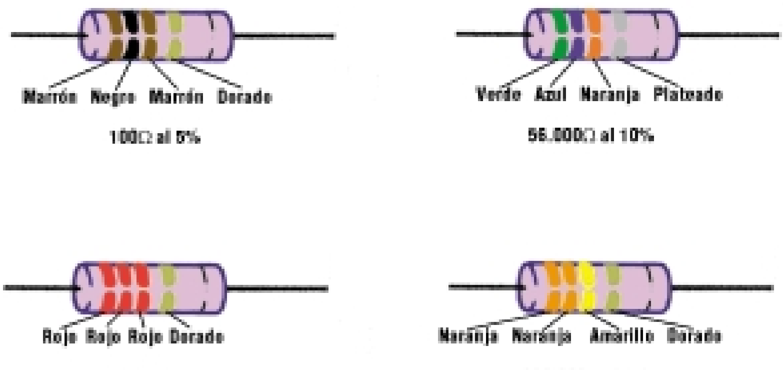

Marrón Negro Marrón Dorado
100Ω al 5%
Verde Azul Naranja Plateado
56.000Ω al 10%
Rojo Rojo Rojo Dorado
2200Ω al 5%
Naranja Naranja Amarillo Dorado
330.000Ω al 5%

Fig. 10

res en la figura 10.

Digamos que a los resistores se los puede clasificar también en variables; éstos están representados por los potenciómetros y los presets o preajustes (figura 11).

Fig. 11

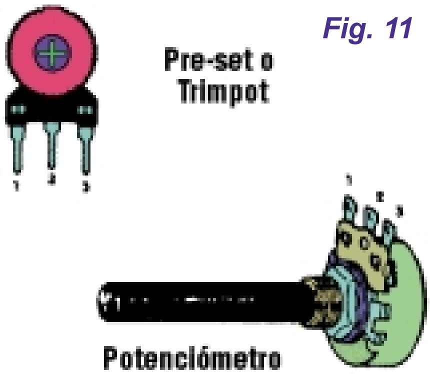
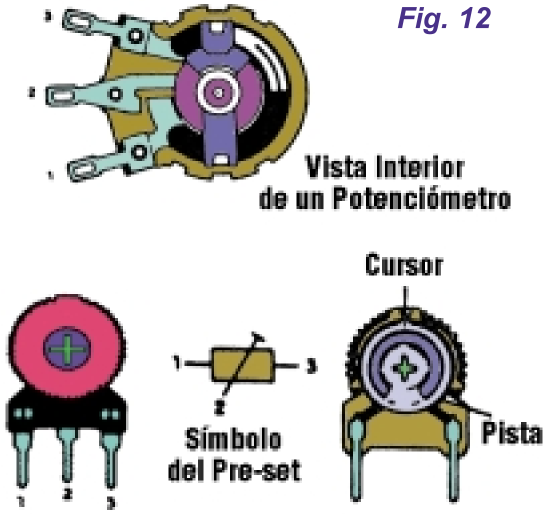


Fig. 12



La constitución de los potenciómetros se debe a una pista circular de carbón desplazándose por un contacto móvil (cursor) solidario a un eje vertical.

Los extremos de la pista de carbón y el cursor tienen una conexión a terminales, es decir, que la resistencia entre uno de los terminales y el cursor depende de la posición de éste (figura 12).

En el primer caso, los potenciómetros pueden ser lineales o logarítmicos; la variación de resistencia es proporcional al ángulo girado por el cursor, y en el 2º caso la variación es logarítmica, esto hace que, al comienzo, la resistencia varíe con rapidez con el ángulo de giro; después la variación será más lenta y tendrá un uso común en el control de volumen de radios y TV. Llamamos presets a los resistores variables que se ajustan una sola vez, hasta lograr una perfecta posición, y que no tienen posibilidad de ser variados por los usuarios.

El tamaño es reducido y tiene un ajuste con un pequeño destornillador, que es aplicado a una ranura que tiene el contacto móvil.

PILAS Y BATERIAS

Los componentes básicos capaces de suministrar una tensión continua estable a un circuito electrónico son las pilas, con la capacidad de generar una tensión eléctrica por medios químicos.

La más común está formada por un electrolito (sal, ácido o base disuelto en agua) y 2 electrodos. Veamos cómo se comporta un electrolito cualquiera, diluido en agua; ej. el cloruro de sodio (fig. 13).

La sal es eléctricamente neutra, pero cuando se disuelve en el agua se disocia en los iones que la componen, es decir, en iones positivos de sodio y en iones negativos de cloro.

Si sumergimos 2 electrodos consistentes en 2 metales diferentes A y B, una determinada cantidad de iones negativos será atraída por el electrodo A y otra porción de iones positivos será atraída por el electrodo B; entonces, A se carga negativamente y B, positivamente (figura 14).

A la diferencia de carga eléctrica que existe entre A y B, se la denomina diferencia de potencial o tensión de la pila. La tensión V dependerá de los materiales de los electrodos y del electrolito.

Por ejemplo, una pila de cinc-carbón tiene una tensión: V = 1,5V.

Si conectamos una lamparita entre los electrodos, ésta iluminará ya que se producirá el pasaje de los electrones desde A hasta B a través de ella, y se cerrará el circuito por medio de la solución electrolítica. Mientras este fenómeno sucede, uno de los electrodos (B) se va consumiendo, mientras que el otro se va engrosando por la deposición de material sobre su superficie. La reacción química continuará hasta que B se consuma en su totalidad; en ese momento, la lamparita se apagará porque la corriente se detuvo (figura 15).

En una pila seca, el electrolito es una pasta húmeda (pilas comunes) mientras que se denominan húmedas cuando el electrolito es un líquido (acumulador de plomo utilizado en los autos).

La pila seca más común es la de cinc-carbón y la desarrolló Le Clanché (1869), tiene un bajo costo y es de uso general.

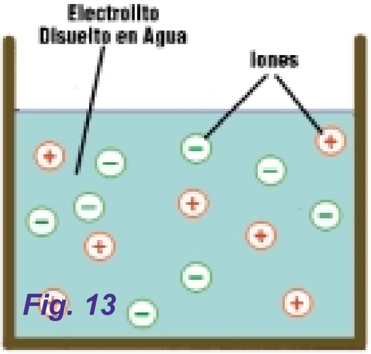
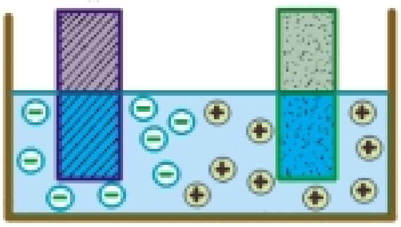


Fig. 13

Fig. 14



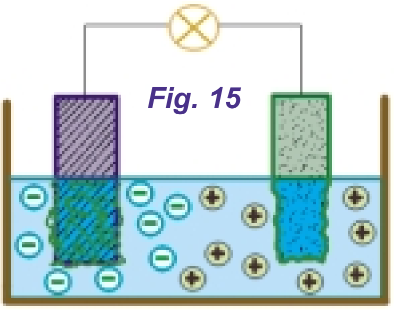


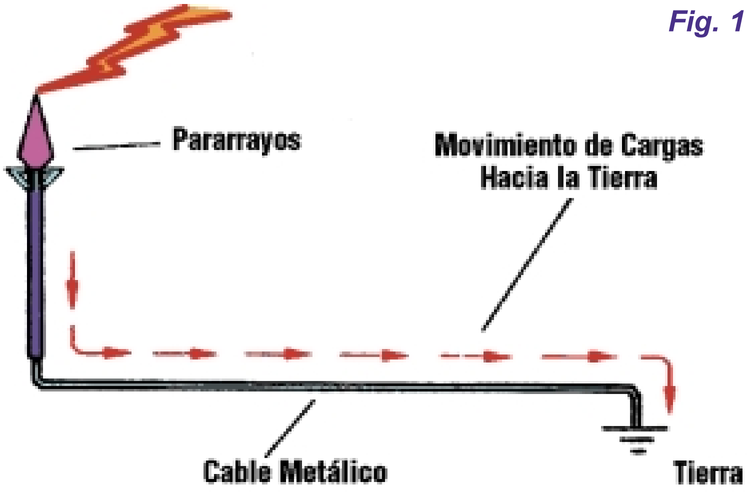
Fig. 15

Conducción de la Corriente Eléctrica

CONDUCTORES Y AISLANTES

El hecho de que algunos cuerpos pueden retener la electricidad y que otros permiten que se escape, nos revela que en la naturaleza existen dos comportamientos de este ***"fluido"*** representado por las cargas. De hecho, los dos grupos de cuerpos serán estudiados en esta lección. Veremos que en un caso se trata de los denominados aislantes y, en el otro, de los conductores. Los dos tipos de material tienen igual importancia en la electricidad electrónica modernas y son utilizados en una infinidad de aplicaciones. Conocer las propiedades de estos materiales es muy importante en el estudio de la electrónica.

Fig. 1


Pararrayos
Movimiento de Cargas Hacia la Tierra
Cable Metálico
Tierra

La electricidad como fluido

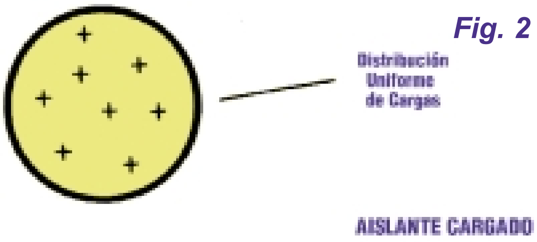
Vimos que podemos sacar con cierta facilidad electrones de un cuerpo (de sus átomos) y llevarlos a otro que quedará con exceso de estas partículas.

El pasaje de electrones de un cuerpo a otro, cuando puede ser establecido, tiene mucha importancia en nuestro estudio, pues es lo que puede llevar energía de un punto a otro, así permiten la aplicación práctica de la electricidad.

Lo importante para nosotros es saber que las cargas eléctricas, constiutidas por los electrones, pueden no sólo saltar de un cuerpo a otro en forma de chispas, como vimos en el caso del rayo, sino también moverse a través de ciertos materiales, como en el caso del cable utilizado en el pararrayos o de la cadena fijada al camión de combustibles (figura 1).

Mientras tanto, existen también cuerpos en que la electricidad queda "atrapada", como en el caso del peine frotado, en que los electrones ganados se mantienen en la posición en que son colocados, o la falta de electrones permanece en el lugar de donde fueron retirados (figura 2). El movimiento de electrones en un cuerpo es posible si tienen una cierta libertad en el interior del material que lo constituye. Luego veremos de qué modo ocurre ésto.

Fig. 2


Distribución Uniforme de Cargas
AISLANTE CARGADO

Para nosotros, entonces, es importante saber que existen tipos de materiales, en los que las cargas no se puede mover, que son denominados aislantes, y materiales en los que las cargas se mueven con facilidad, que son denominados conductores.

Sabemos que existen materiales que pueden ser electrizados de diferentes formas (serie triboeléctrica), lo que revela que existen átomos que tienen más dificultades en perder sus electrones que otros.

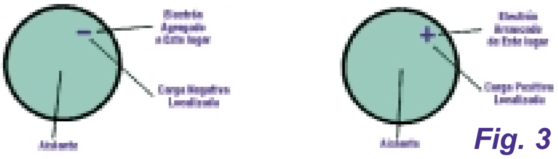

Electrón Agregado a Este lugar
Carga Negativa Localizada
Aislante
Electrón Arrancado de Este lugar
Carga Positiva Localizada
Aislante

Fig. 3

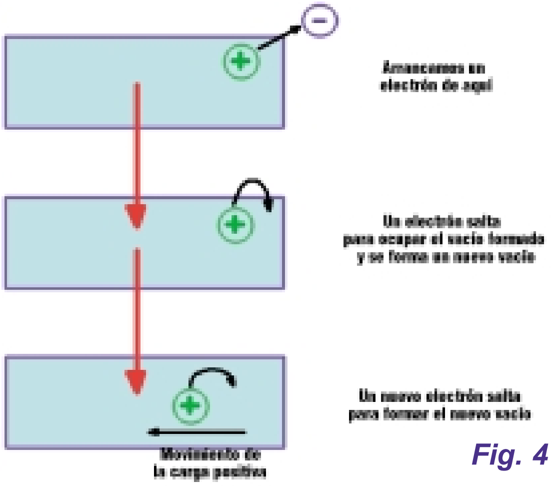

Arrancamos un electrón de aquí
Un electrón salta para ocupar el vacío formado y se forma un nuevo vacío
Un nuevo electrón salta para formar el nuevo vacío
Movimiento de la carga positiva

Fig. 4

Así, para los materiales en que los elementos están firmemente unidos a los átomos, existe mucha dificultad para que ocurra un movimento de cargas.

Si sacamos un electrón de un lugar, este lugar quedará libre, pues aunque el cuerpo posee otros electrones disponibles, ésos no pueden ocupar el lugar vacío. Del mismo modo, si agregamos un electrón al

Fig. 5

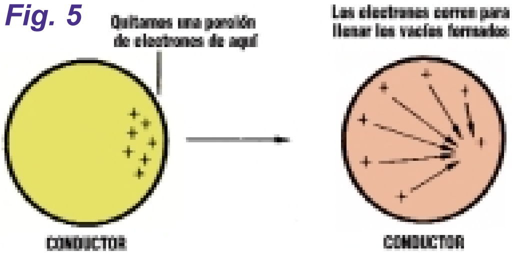
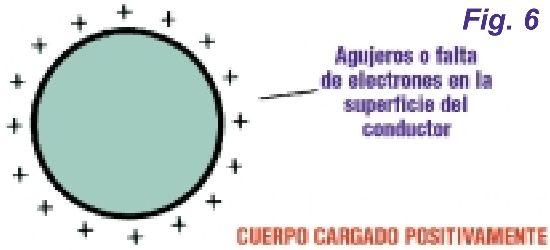

Quitamos una porción de electrones de aquí
Los electrones corren para llenar los vacíos formados
CONDUCTOR
CONDUCTOR

Fig. 6


Agujeros o falta de electrones en la superficie del conductor

CUERPO CARGADO POSITIVAMENTE

material, se quedará en ese lugar, pues no tiene facilidad para moverse (figura 3).

Por otro dado, existen materiales en los que los electrones son libres y pueden moverse con mucha facilidad en su interior. Esto ocurre, por ejemplo, en los metales. Si cargamos un cuerpo metálico con una cierta cantidad de cargas, agregando electrones libres, por ejemplo, estos electrones se pueden mover "saltando" de átomo en átomo hasta distribuirse de manera más o menos uniforme (figura 4). Si por otro lado, sacamos una cierta cantidad de electrones apenas de un punto de este cuerpo, los electrones de las cercanías "corren" a llenar el vacío formado y forman "nuevos vacíos" en otros puntos con una distribución también uniforme de las cargas positivas (vacíos). Figura 5.

En este punto el lector debe prestar atención a este hecho. Cuando hablamos de un cuerpo cargado negativamente, las cargas que se mueven o que participan del proceso, los que se pueden mover, son electrones. Pero, cuando hablamos de un cuerpo cargado positivamente, o sea, en que existe una falta de electrones, en verdad ¡nada existe que se pueda mover! Podemos, sin embargo, para ayudarnos en nuestro razonamiento, hablar de "falta de electrones" o lagunas (vacantes o vacíos) que se mueven.

Así, mientras en un cuerpo cargado negativamente los electrones se distribuyen en su superficie, en un cuerpo cargado positivamente son las lagunas las que se distribuyen en su superficie (figura 6).

Volviendo al problema de los materiales conductores, vemos que la facilidad de movimiento, tanto de los electrones como de las lagunas, es total.

Los electrones pueden saltar de átomo en átomo, mientras que las lagunas son llenadas por átomos adyacentes que saltan libremente y provocan su desplazamiento (figura 7). Entre los materiales considerados aislantes, en que los electrones tienen grandes dificultades para moverse, tenemos: el vidrio, el papel seco, el plástico, la mica, la porcelana, la cerámica, etc.

Entre los materiales considerados conductores tenemos: los metales, el grafito, etc.

TIPOS DE CONDUCTORES

Podemos clasificar los materiales conductores en tres grupos:

a) Sólidos

Los materiales sólidos que conducen la electricidad, o sea, en los que las cargas se pueden mover, son los metales (que son los mejores conductores) y el grafito.

b) Líquidos

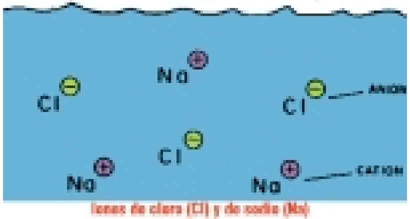
Determinados líquidos también permiten que las cargas eléctricas se muevan. Estas cargas, en verdad, se mueven junto al propio átomo que puede "nadar", por así decirlo, y desplazarse en el medio líquido. Estos átomos, que pueden tener falta o exceso de electrones y que se desplazan en un medio líquido, son denominados "***iones***" (expresión griega que traducida es "caminante"). Los iones positivos se llaman "***cationes***" y los negativos "***aniones***" (figura 8).

Las cargas eléctricas no se mueven a través del agua, por ser aislante. Sin embargo, si disolvemos en esta agua una sustancia como la sal de cocina, que está formada por átomos de cloro y sodio (NaCl), las partículas de sodio y cloro se disocian en aniones de cloro(Cl-) y cationes de sodio (Na+), figura 9.

Con esto, los aniones y cationes existentes en solución pueden servir de "***medio de transporte***" para las cargas eléctricas y el agua en estas condiciones se vuelve conductora.

Muchas sustancias del tipo sal (cloruro de sodio, bicarbonato de

Fig. 8



Iones de cloro (Cl) y de sodio (Na) que se distribuyen en el agua

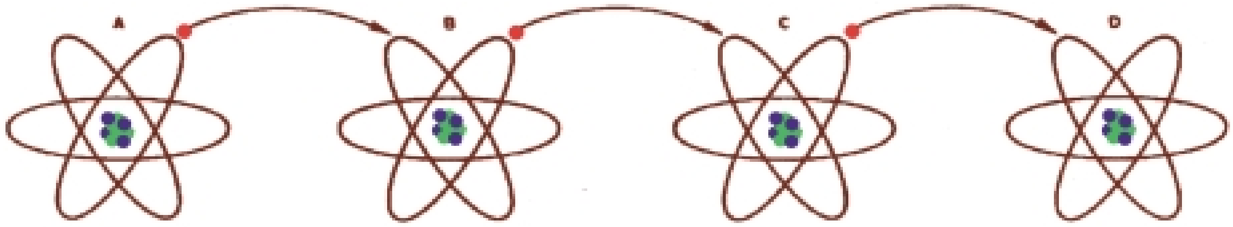
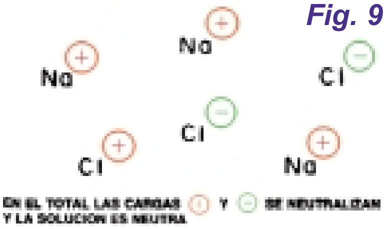


Fig. 7

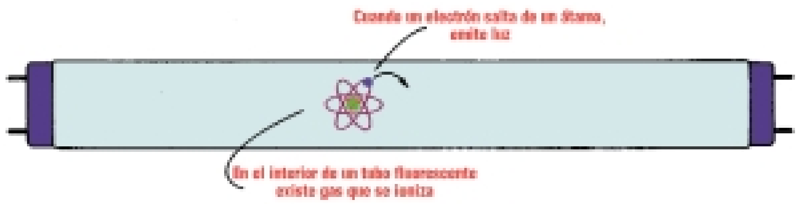
Un electrón que salta de "C" para "D", es seguido inmediátamente por otro que salta de "B" para "C", llenando el vacío. Así se mueven las cargas

Fig. 9



EN EL TOTAL LAS CARGAS ⊕ Y ⊖ SE NEUTRALIZAN Y LA SOLUCION ES NEUTRA

Fig. 10


Cuando un electrón salta de un átomo, emite luz
En el interior de un tubo fluorescente existe gas que se ioniza

sodio, sulfato de cobre), del tipo ácido (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, etc.) o bien de tipo base (hidróxido de sodio, o sea soda cáustica) cuando se disuelven en agua también se disocian y forman así una solución conductora.

Vea que, en el total, cuando disolvemos sal en agua, separamos partículas positivas y negativas, pero en cantidades iguales, lo que quiere decir que el agua que tenemos mantiene su neutralidad.

c) Gaseosos

Los gases, en condiciones normales, o sea neutros, son excelentes aislantes y no permiten que las cargas eléctricas se muevan con facilidad. Pero, si por medio de una buena cantidad de energía conseguimos arrancar electrones de los gases, de modo que pasen a quedar en un estado de electrizamiento denominado **"ionización"**, entonces se convierten en excelentes conductores.

En los gases ionizados ocurren fenómenos interesantes, como por ejemplo, la emisión de luz, lo que es aprovechado para la fabricación de las lámparas fluorescentes (figura 10). El aire, que es aislante en condiciones normales, se vuelve conductor por acción de una descarga fuerte como la producida por el rayo, que entonces puede atravesarlo con facilidad.

Un poco de cálculos

Hasta ahora dimos interesantes explicaciones sobre cómo funcionan las cosas en lo que se refiere a cargas eléctricas y su movilidad. El único valor numérico que vimos fue la llamada carga elemental, que era:

$$e = 1{,}60 \times 10^{-19}\ C$$

A partir de este valor y de otros que daremos a continuación, vamos a "jugar" un poco con los cálculos para aprender cosas interesantes sobre la electricidad.

Como vimos, cada tipo de sustancia simple (elemento) posee un átomo con cantidades diferentes de partículas internas (protones y neutrones). Así, en función de esta cantidad podemos saber exactamente cuántos átomos de una cierta sustancia existen en una cantidad cualquiera que tomamos de ella.

Verificamos entonces que, si dividimos esta cantidad de una sustancia por el "peso" relativo de las partículas que forman el átomo, obtenemos un número constante.

De este modo 1 gramo de hidrógeno tiene la misma cantidad de átomos que 16 gramos de oxígeno, que a su vez, tiene la misma cantidad de átomos que 108 gramos de plata y 197 gramos de oro (figura 11).

El número de partículas (átomos) es enorme:

$$n = 6{,}02 \times 10^{23}$$

¡Esto significa 6 seguido de 23 ceros! *¡Todos esos átomos en apenas algunos gramos de material!*

Suponiendo que en un metal, como el oro, cada átomo pueda contribuir con un electrón libre, en un trocito de, digamos, 1 gramo, tendremos nada más y nada menos que 10^{22} electrones disponibles (10 seguido de 22 ceros, para los que no están familiarizados con la anotación exponencial). Estos electrones forman, en el interior del metal, una especie de "nube" que se está "agitando" constantemente. Verificamos que los electrones pueden incluso ver aumentada su cantidad con la elevación de la temperatura, fenómeno de gran importancia en electrónica.

¿Qué ocurre si multiplicamos la cantidad de electrones libres que tenemos en un trocito de metal por la carga de cada electrón?

Evidentemente, obtenemos la carga total, en Coulombs, del pedacito de metal en cuestión.

Suponiendo que nuestro trocito de metal tenga 10 electrones y que la carga de cada uno sea de = 1,60 x 10^{-19} C, tenemos:

$$Q = 10^{22} \times 1{,}6 \times 10^{-19}$$
$$Q = 1{,}60 \times 10^{3}C$$
$$Q = 1.600\ \text{Coulomb}$$

¿Será mucho o poco, esto?, se preguntará el estudiante.

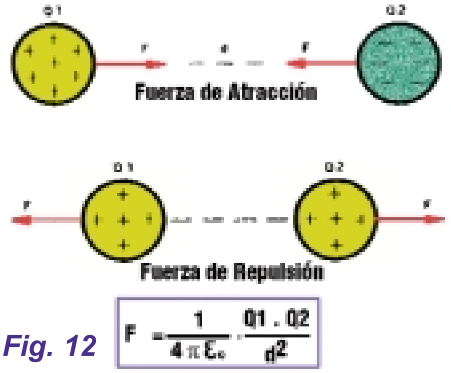
A título de curiosidad, si la lámpara de su cuarto está encendida en este momento consume energía a razón de apenas una carga de 1/Coulomb por segundo.

Una carga de 1.600 Coulomb, ciertamente, quemaría esta lámpara y si los electrones no estuvieran "**equilibrados**" en el interior del metal y pudieran revelar toda su "fuerza", bastaría que usted tocara un trocido de oro ¡para morir instantáneamente fulminado!

En verdad, en la práctica, no podemos manejar sino una parte muy

Fig. 11

Misma cantidad de átomos = 6,02 x 10²³
1 gr. DE HIDROGENO
16 grs. DE OXIGENO
108 gr. DE PLATA
197 gr. DE ORO



$$F = \frac{1}{4\pi E_0} \cdot \frac{Q1 \,.\, Q2}{d^2}$$

Fig. 12

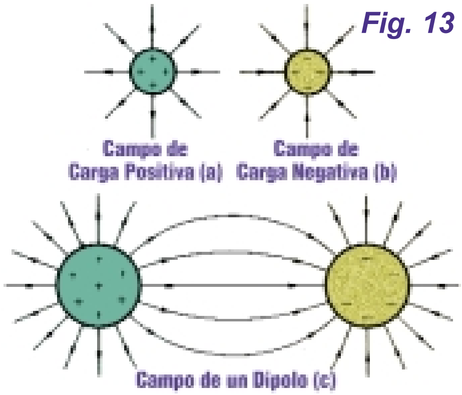


Fig. 13

pequña de los electrones que están libres en el metal, para agregar o quitar algunos. De ningún modo podemos contar con todos en los procesos eléctricos.

CAMPO ELECTRICO Y CORRIENTE ELECTRICA

¿Qué hace que las cargas eléctricas se muevan en un cuerpo? ¿Qué estado especial existe en torno de un cuerpo cargado, para que su influencia se haga sentir a distancia? ¿Qué ocurre cuando una gran cantidad de cargas eléctricas se mueve en un material conductor?

Todo esto será el tema de esta lección.

Veremos de qué modo la "influencia" de las cargas en un cuerpo se "***propaga***" por el espacio y provoca el movimiento de cargas incluso a la distancia y de qué modo un flujo de cargas forma una corriente, un movimiento muy especial para las aplicaciones prácticas.

El campo eléctrico

Un cuerpo cargado de electricidad, ya sea positiva o negativa, se comporta de manera muy especial. Otros cuerpos también poseedores de cargas eléctricas, colocados en las proximidades de aquéllos, quedarán sujetos a la acción de fuerzas.

Si las cargas de los cuerpos próximos fueran de signos opuestos, la fuerza será de atracción, mientras que si las cargas fueran del mismo signo, la fuerza será de repulsión, como ilustra la figura 12. Podemos decir que el espacio en torno de un cuerpo cargado queda lleno de algo invisible, algo que corresponde a la acción de naturaleza eléctrica sobre los cuerpos que también están cargados.

El espacio en torno de un cuerpo cargado goza de propiedades especiales que pueden explicarse por la presencia de una entidad llamada "campo eléctrico", normalmente representada por la letra E.

El campo eléctrico no es algo físico, en el sentido que podamos verlo, pero sí una entidad física que describe un estado alrededor de un cuerpo cargado.

Para representar este estado usamos entonces líneas imaginarias, denominadas líneas de campo. El conjunto de estas líneas imaginarias alrededor de un cuerpo cargado representan su campo eléctrico.

Por una convención, las líneas se orientan saliendo de los cuerpos cargados positivamente y entrando en los cuerpos cargados negativamente, como muestra la figura 13. En el primer caso, tenemos la representación del campo de una carga positiva (a); en el segundo, el campo de una carga negativa (b) y, en el tercero, el campo provocado por dos cargas de signos opuestos próximos, lo que se llama "dipolo".

Vea que las líneas se diluyen cuando están más lejos de las cargas, lo que indica el debilitamiento del campo.

Una carga eléctrica (un electrón, por ejemplo) colocado en el campo eléctrico de una carga cualquiera, queda sujeta a una fuerza que está siempre orientada en el sentido de coincidir o ser tangente (tocar la línea de fuerza del campo en el lugar considerado), figura 14. Las propiedades principales que poseen las líneas de fuerza son:

**** Siempre salen de los cuerpos positivos y llegan a los negativos.***

**** Nunca se cruzan.***

**** Están más concentradas donde el campo es más fuerte.***

La intensidad del campo eléctrico en un determinado punto del espacio, a una cierta distancia de la carga que lo produce, puede ser calculada.

Este cálculo tiene gran importancia en los estudios de electroestática y en consecuencia para la electrónica.

Teniendo como base la ilustración de la figura 15, la fórmula que nos permite calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto P del espacio es:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{d^2}$$

Donde: **E** es la intensidad del campo medida en N/C (Newtons por Coulomb)

$1/4\pi\varepsilon_0$ es la constante que vale 9 x 10^9 N. m^2/C^2

Q es la carga que provoca el campo en Coulomb

d es la distancia de la carga al punto P.

Como vimos, una carga eléctrica colocada en un punto del espacio, sujeta a la acción de un campo, es forzada a moverse.

La fuerza que aparece en el caso

Fig. 14

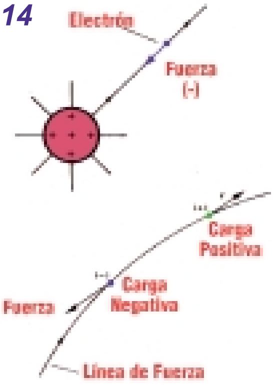


Fig. 15

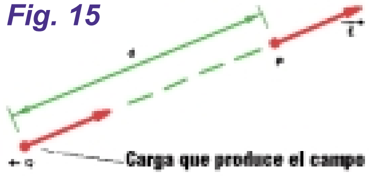
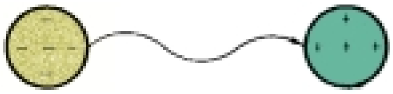


Fig. 16



Corriente
Conductor

Fig. 18

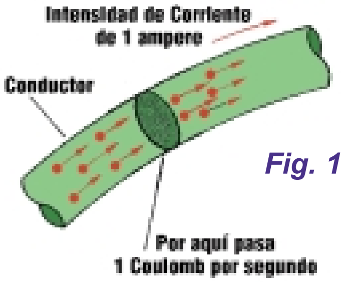
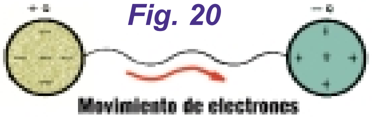

Intensidad de Corriente de 1 ampere
Conductor
Por aquí pasa 1 Coulomb por segundo

Fig. 19

Fig. 20



puede ser calculada por la expresión:

$$F = Q \times E$$

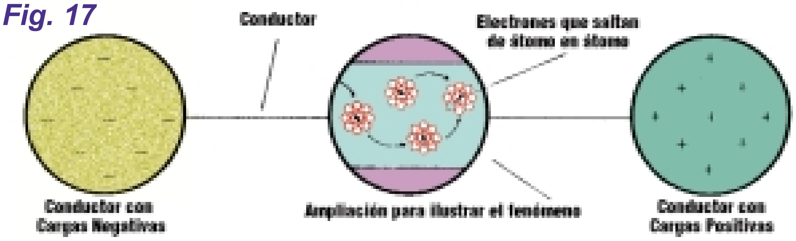
donde: **F** es la fuerza en Newtons, **Q** es el valor de la carga que es colocada en el punto P en Coulombs y **d** es la distancia en metros hasta la carga que produce el campo.

LA CORRIENTE ELECTRICA

Si tuviéramos dos cuerpos cargados con cargas de signos opuestos, el campo eléctrico que existe en torno de ellos es tal que procurará mover las cargas de uno hacia el otro en el sentido de establecer su neutralidad.

Los electrones tenderán a salir del cuerpo cargado negativamente y dirigirse al cuerpo cargado positivamente (figura 16).

Fig. 17


Conductor
Electrones que saltan de átomo en átomo
Conductor con Cargas Negativas
Ampliación para ilustrar el fenómeno
Conductor con Cargas Positivas

Si hubiera un medio conductor entre los dos cuerpos que permita el movimiento de estas cargas, los electrones podrán desplazarse con cierto orden, pasando de un cuerpo hacia el otro. Los electrones saltarán de átomo en átomo, así formarán un flujo de cargas.

Decimos que el movimiento ordenado de cargas eléctricas que ocurre en este caso se denomina "**corriente eléctrica**" (figura 17).

En el caso específico que tomamos de ejemplo, en que el conductor es el metal, el movimiento real es de cargas negativas (electrones), pero puede ser de otro tipo de partículas, como por ejemplo, los iones, en los casos de los gases y soluciones.

Está claro que sólo los protones no pueden moverse en realida, por estar presos en los núcleos de los átomos.

Por otro lado, los electrones que se mueven de un cuerpo hacia otro, no lo hacen todos instantánemente.

Existe un límite para la cantidad y la velocidad con que ocurre el pasaje. La cantidad y la velocidad son establecidas por la intensidad del campo y, naturalmente, por la capacidad que el conductor tenga de permitir que las cargas se muevan. Si consideramos un intervalo de tiempo en que no hay alteración perceptible en la carga total de las esferas, vemos que el flujo de cargas en el conductor se mantiene constante.

Podemos entonces hablar de una intensidad para este flujo, que va a corresponder a la intensidad de la corriente eléctrica (figura 18).

La intensidad de una corriente corresponde entonces a la cantidad total de carga que pasa en cada segundo por un conductor.

Corriente electrónica y corriente convencional

Observe un hecho interesante: como las únicas cargas que se pueden mover, en realidad, son los electrones, las corrientes eléctricas fluyen desde los cuerpos negativos hacia los cuerpos positivos (figura 20). Esta corriente se denomina corriente electrónica, pero no siempre es considerada en el estudio de la electricidad. De hecho, sabemos que los números negativos son menores que los positivos, lo que vuelve muy extraño decir que el agua fluye de un lugar de menos presión (negativo) hacia uno de mayor presión (positivo), cuando en realidad ocurre todo lo contrario. Si las cargas que se mueven fueran las positivas, las cosas podrían ser explicadas del mismo modo y no tendríamos este problema.

Pero, si no podemos ver los electrones o cargas de ninguna especie, *¿qué nos impide "imaginar" el fenómeno como si ocurriera en sentido "contrario"?*

De hecho, cuando una carga negativa sale de un cuerpo (electrón) y va a neutralizar otra positiva en un cuerpo cargado de este modo, el efecto final es cero, lo mismo que si consideráramos una carga positiva que sale del que está cargado de este modo y va hacia el otro (figura 21).

En verdad, el efecto de considerar que los electrones saltan hacia la esfera de la derecha, como muestra la figura 22, corresponde exactamente

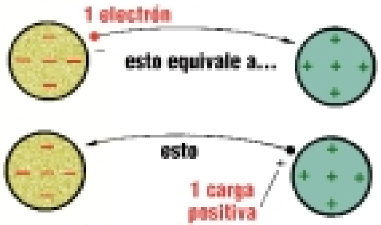
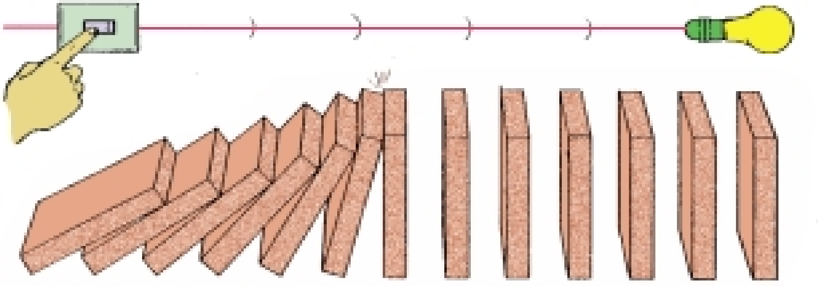


Fig. 21

a la formación de "vacíos" o "agujeros" que se desplazan hacia la izquierda, que a su vez corresponden justamente al movimiento "contrario" de cargas positivas. Todo esto significa que podemos perfectamente representar corrientes eléctricas que salen de cuerpos positivos (polos positivos) y van hacia cuerpos negativos, sin que esto esté equivocado. En verdad, es común hacer este tipo de represenación. En este caso, decimos que estamos representando la corriente convencional y no la corriente real o electrónica.

Fig. 23



Podemos comparar la propagación de la electricidad en un cable con la caída de las fichas de dominó. Los dominós (como si fueran electrones) se mueven poco pero el efecto de la caída se propaga rápidamente.

Velocidad de la corriente

Usted acciona el interruptor de la luz y ¡zas!, la luz se enciende instantáneamente. Por más largo que sea el cable, no conseguirá notar retraso alguno entre los dos momentos: el accionamiento del interruptor y el encendido de la lámpara son simultáneos.

En verdad, lo que ocurre es que el fenómeno de la acción de la electricidad es instantáneo, mientras que la velocidad de las cargas en sí no lo es.

Analicemos el fenómeno: Cuando usted acciona el interruptor el establecimiento del campo eléctrico (acción) en el conductor se propaga con una velocidad muy grande, del orden de los 300.000 km por segundo... ***`o sea la velocidad de la luz!*** Esta acción hace que prácticamente todos los electrones que tienen movilidad pasen a saltar de átomo en átomo en la dirección que corresponde a la circulación de la corriente (figura 23). Pero la velocidad media de los electrones en este movimiento es muy pequeña comparada con la velocidad con que se establece la corriente.

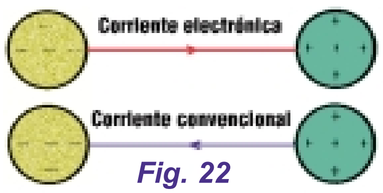


Fig. 22

La Revolución de los Medios Opticos

El surgimiento del disco compacto de audio digital, desencadenó una revolución en los medios de almacenamiento de información, considerada ésta en sentido amplio (datos, texto, audio, imágenes, video), pues permitió grabar enormes cantidades de datos en un disco de apenas doce centímetros de diámetro. El CD musical y todos los formatos que se derivaron de dicha tecnología, tienen una base física común: el registro y lectura de información por medios ópticos. En este artículo, revisaremos los principios en que se apoya esa tecnología y haremos un recuento de los principales formatos que se han derivado del CD musical.

MEDIOS DE SOPORTE DE INFORMACION

Los medios de registro de información, constituyeron una base fundamental en el desarrollo de las civilizaciones, pues permitieron aumentar la memoria colectiva, remontar las barreras del tiempo y, por consecuencia, incrementar el bagaje intelectual de los pueblos. La primera forma material que se supone se empleó en la antigüedad, fue la tableta de arcilla, en la cual se grababan incisiones que representaban letras o números (la escritura cuneiforme de los antiguos babilonios); luego vino el rollo o tira continua de papiro (el antecesor del papel) usado por los antiguos egipcios; más tarde el códice o cuaderno de pergamino, que con los siglos evolucionó hasta el concepto de hojas de papel agrupadas para formar un volumen (libro); y, finalmente, en nuestro siglo, el disco de acetato, la cinta magnética, el disco magnético y los discos ópticos.

Esta amplia variedad de medios de almacenamiento, ha implicado una diversidad de recursos y dispositivos para conservar la información: incisiones (bajorrelieve) en las tablillas babilónicas; tintas y plumas de ave para la escritura sobre papiros y pergaminos; la imprenta para el estampado en papel; los campos magnéticos para la grabación en cinta y discos; surcos grabados en la superficie de discos de acetato y protuberancias microscópicas sobre la superficie de un disco de policarbonato, para ser leídos mediante un rayo láser.

El surgimiento de los medios ópticos, constituyó una transformación rotunda de los métodos de almacenamiento de información, pues permitió grabar enormes cantidades de datos en un disco de apenas doce centímetros de diámetro. El primer dispositivo óptico fue el videodisco láser, aunque el medio que desencadenó la revolución de los sistemas ópticos fue el disco compacto de audio digital, capaz de almacenar hasta 74 minutos de audio; de ahí se derivaron múltiples formatos y variantes, siendo el más importante el disco compacto para computadora o CD-ROM (*Compact Disc-Read Only Memory*), el

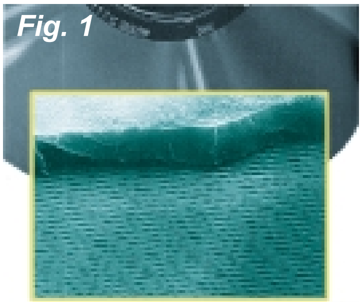


Fig. 1

cual permitió almacenar hasta 640 megabytes de información.

La ventaja principal del CD-ROM, fue que permitió a las compañías fabricantes de *software*, desarrollar programas de computadora de una clase llamada **“multimedia interactiva”**, en la cual se combinan texto, imágenes, sonido, animacio-nes y video, brindando además al usuario la posibilidad de interactuar de forma dinámica con esa información heterogénea. Y es que el CD-ROM ofreció por primera vez un soporte ligero y barato para la grabación digital de enormes cantidades de datos, justamente como las que requiere la multimedia interactiva.

Todos los formatos ópticos que se derivaron del CD musical, así como los desarrollos conceptuales y tecnológicos que propició el CD-ROM, mantienen una base física común: el almacenamiento y lectura de información por medios ópticos.

En este artículo, revisaremos los principios de grabación y lectura de datos por procedimientos ópticos y haremos un recuento de los principales formatos que se han derivado del CD musical.

El surgimiento de la tecnología óptica

A finales de la década de los 70, la compañía Philips había desarrollado un método para grabar información en surcos microscópicos y recuperarla mediante un rayo láser. La aplicación que los ingenieros de esta compañía le dieron a tan novedoso sistema fue en el **“disco láser de video”**, cuyo lanzamiento al mercado se dio en 1980, con la intención de ofrecer una alternativa viable a los formatos de videocinta Beta y VHS, que por entonces inauguraban una era en el terreno del video doméstico.

Sin embargo, tal vez por tratarse en ese tiempo de una tecnología muy avanzada para las condiciones de la industria en el mundo, o por resultar muy costosa con relación a las videocintas, Philips no obtuvo el éxito esperado con el videodisco en esos años.

Mas este gran avance sentó las bases del disco compacto digital. Al respecto, conviene precisar que en el videodisco láser la información no se graba digitalmente, sino de manera analógica.

Por otra parte, hacia fines de los 70, las técnicas digitales habían alcanzado un grado de maduración que los hacía susceptibles de aplicarse en electrónica de consumo, en buena medida estimuladas por los avances en la producción de circuitos de gran escala de integración.

Este panorama, aunado a las ventajas de las técnicas digitales sobre las analógicas, llevó a Philips a considerar el desarrollo de un disco láser para grabación de audio basado en procedimientos numéricos.

El inconveniente fundamental que enfrentaba Philips para desarrollar un medio de almacenamiento con estas características, era el proceso de conversión de la señal analógica en un formato digital y su posterior reconversión a la expre-sión análoga. Por entonces ya existían desarrollos comerciales de circuitos convertidores de análogo a digital (A/D) y de digital a análogo (D/A), pero como Philips había dedicado mucho tiempo a la investigación y desarrollo de la tecnología para el almacenamiento y recuperación de datos en formato óptico, no disponía de un desarrollo propio para la conversión A/D/A de señales de audio.

Conscientes de que desarrollar un método propio para resolver está cuestión técnica podría tomarles varios años, los directivos de Philips decidieron establecer alianzas estratégicas con otras compañías que ya disponían de esa tecnología. Concretamente, llegaron a un acuerdo con la firma japonesa Sony, para el lanzamiento común del nuevo disco compacto de audio digital.

Los ingenieros de Sony habían desarrollado a fines de los 70 un procedimiento muy efectivo para la grabación de audio análogo en forma digital a través de una codificación ***PCM (Pulse Code Modulation)***. Inclusive, algunos de sus mo-delos de videograbadoras Beta, llegaron a incluir circuitos que permitían la adición de un módulo especial para el manejo del audio estéreo Hi-Fi digital. Finalmente, de la unión de tecnologías de estas dos grandes empresas mundiales, surgió en 1982 el disco compacto de audio digital. Rápidamente, este novedoso sistema atrajo la atención de otros fabricantes de equipos, pues el CD ofreció indudables ventajas sobre los tradicionales medios de almacenamiento de audio: **el disco negro de acetato y la cinta en casete.**

Luz y protuberancias

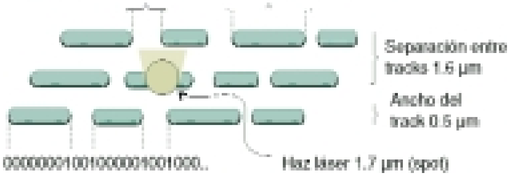
En un disco de acetato la información se graba mediante pequeños surcos en forma de espiral; es en las paredes de dicho surco donde se graba el audio analógico que posteriormente es recuperado por una aguja de zafiro o de diamante (figura 1). La aguja, al recorrer el surco, vibra según las ondulaciones grabadas en las paredes del mismo y transmite la información de audio analógico hacia una pastilla magnética, donde se obtiene la señal eléctrica respectiva, misma que es filtrada y amplificada para su posterior salida por los altavoces.

¿Cuál es el principio de almacenamiento y lectura de información en los sistemas ópticos? En este caso, no existe aguja ni contacto físico entre el medio recuperador y el medio de almacenamiento, como tampoco existe un surco con pare-des grabadas.

En los discos ópticos, para almacenar los datos, se utiliza un *track* o pista de información constituida por minúsculas elevaciones de longitud variable, a las cuales se les llama *pits* (en inglés *pit* significa hueco, pero se emplea este término porque en el disco matriz, que es como el negativo del CD, la información va codificada en microscópicos huecos o

En un disco compacto, la información se graba mediante diminutos "pits" o elevaciones. Al área respectiva se le llama "superficie de datos".

Fig. 2


Espacio libre entre pits 0.833 a 3.54 µm
Largo del pit 0.833 a 3.54 µm
Separación entre tracks 1.6 µm
Ancho del track 0.5 µm
000000010010000001001000..
Haz láser 1.7 µm (spot)

depresiones). El ***pit*** es la célula o unidad básica de información en los discos ópticos digitales. Las dimensiones de estos *pits* son sorprenden-tes: tienen un ancho de sólo 0,5 micras (una micra = una milésima de milímetro); su altura es de tan sólo 0,11 micras, y su longitud puede variar desde 0,83 hasta 3,5 micras (figura 2). A su vez, la separación entre ***tracks*** adyacentes es de tan sólo 1,6 micras.

Estas dimensiones probablemente no tengan para usted un significado en primera instancia; sin embargo, para brindarle una perspectiva más apropiada, en la figura 3 se muestra una comparación de los *tracks* de un CD musical con un surco de un disco de acetato y con el grueso de un cabello humano.

Tecnología digital

La tecnología digital tiene notables ventajas en comparación con los medios de almacenamiento de audio y video analógicos, como el disco de acetato y la cinta de video magnética.

Con las técnicas analógicas, cualquier imperfección durante las etapas de registro, almacenamiento o reproducción de la grabación afecta la calidad de la señal de audio y/o video.

Por ejemplo, un disco sucio provoca ruido.

Estas imperfecciones no ocurren en el almacenamiento digital, donde gracias a la naturaleza binaria de los datos almacenados, cualquier fuente de ruido externo se elimina rápida y eficientemente, permitiendo la recuperación de una señal que es virtualmente idéntica a la original.

De analógico a digital

En la tecnología del disco óptico, exceptuando la información de video de los discos láser, las señales analógicas son convertidas en señales digitales. Durante este proceso, la señal analógica de audio y/o video es dividida en varias partes y convertida en una serie de valores llamada ***muestreo*** . En cada muestreo se explora una forma de onda que representa una señal de audio o de video, y esta exploración se lleva a cabo en intervalos iguales. La fuerza y la polaridad de la señal analógica original en estos intervalos, pueden expresarse con números decimales (1, 2, 3, etc.); así, tanto la magnitud como la polaridad de dicha señal (+ ó -) quedan indicadas de punto a punto. Vea la figura 4.

La frecuencia y el número de bits con que se mide la magnitud de la señal en una forma de onda, determinan la exactitud del registro de la forma de onda original; por consiguiente, el número de bits debe ser tal que estos pasos deben ser muy pequeños; y por lo que se refiere a la frecuencia, ésta debe ser lo suficientemente elevada para garantizar la correcta captura de todo el ancho de banda de la señal original. Un conversor A/D transforma los valores decimales en una notación binaria: bits. Los bits sólo consisten en 1 (unos) y 0 (ceros), y mediante la combinación de éstos se pueden expresar los números decimales en forma de notación binaria.

Estos son ejemplos de notación binaria en tres bits:

Decimal	**Binaria**
1	001
2	010

La señal analógica se convierte entonces en una señal digital que ahora consiste en una serie de pulsos: pulsos para los 1 (unos) y ausencia de pulsos para los 0 (ceros). Estos pulsos en serie se graban en la superficie del disco maestro en forma de ***pits*** de tamaño microscópico; y esto se hace con un rayo láser muy fino.

En la mayoría de las grabaciones, cada valor analógico muestreado (44,100 por segundo) es convertido en una línea de 16 bits en vez de los tres que se acaban de ejemplificar; de esta manera, se obtiene un total de más de 1 millón de bits por segundo. Un número de 16 bits de 1 (unos) y 0 (ceros) puede expresar un máximo de 65.536 diferentes valores; o sea, que dos posibles valores para cada bit = 2^{16} = 65.536 posibilidades.

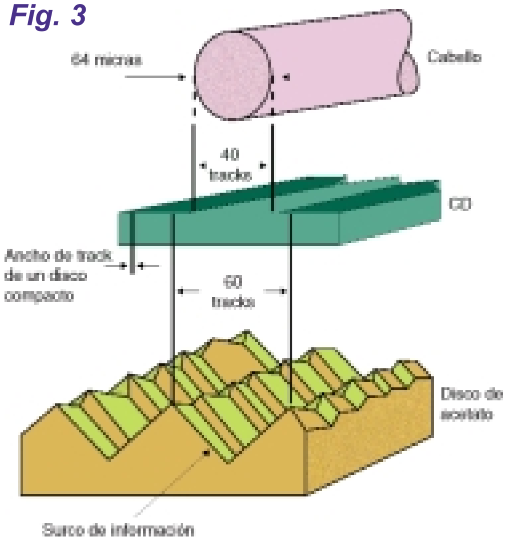
OTROS SISTEMAS OPTICOS

Como ya mencionamos principio, esta tecnología tan poderosa no sólo se aprovecha en los discos digitales de audio, sino que también se aplica en otros formatos. A continuación se describen algunos de los formatos derivados del disco compacto de audio digital.

El disco láser de video

Si bien el disco láser de video es anterior al disco compacto de audio, ya que fue presentado por Philips en 1980, dos años antes que el primer CD de audio llegara al mercado, como tuvo una acogida muy pobre por parte de la industria, prácticamente fue archivado entre los múltiples formatos que compitieron por la supremacía en el mundo del video casero.

Fig. 3



El CD-ROM

Ya mencionamos que los CD-ROM son físicamente idénticos y de la misma tecnología que un disco compacto de audio digital. Justamente por esas propiedades, es un medio que puede almacenar hasta 640 megabytes de información, una cantidad extraordinaria en un reducido espacio, comparada con un disco duro promedio.

Precisamente por esa capacidad de almacenamiento, los CD-ROM's se utilizan sobre todo en aplicaciones de multimedia interactiva, donde los gráficos y el audio consumen grandes cantidades de espacio; aunque cada vez se les emplea con mayor frecuencia en la distribución de programas diversos, librerías de programas, etc.

El CD-I

El Disco Compacto Interactivo (CD-I) fue un desarrollo de Philips que trató de competir con el CD-ROM, ya que su utilidad era prácticamente la misma; esto es, en un CD-I también podían grabarse textos, imágenes, animaciones, sonidos, etc. Su ventaja inicial era que para aprovechar un CD-ROM se necesitaba una computadora personal poderosa, mientras que para utilizar los CD-I tan sólo se requería un aparato lector que se conectaba al televisor.

Disco compacto para fotografía (Photo-CD)

Este es un desarrollo que hizo Kodak a finales de los 80, como una opción para almacenar un gran número de fotografías en un CD idéntico al de audio en dimensiones y tecnología, pero cuyo formato interno estaba especialmente dedicado al manejo de imágenes.

Durante algún tiempo se vendieron lectores especiales de Photo-CD para conectarlos al televisor, utilizando el disco como **álbum de fotos**; sin embargo, en la actualidad prácticamente toda esta tecnología se ha desplazado al mundo de las computadoras personales.

Los medios magneto-ópticos

Una situación especial la tenemos en un desarrollo relativamente reciente, el cual permite la utilización de tecnología óptica combinada con fenómenos magnéticos: los medios de almacenamiento magneto-ópticos para grabar y leer información digital.

Empleando un rayo láser que calienta la superficie de un material metálico al tiempo que se le aplica un campo magnético, se puede almacenar información digital, con la ventaja de que la densidad de almacenaje es extraordinariamente elevada; por ejemplo, en un disco de 3,5 pulgadas, se pueden grabar desde 100 hasta varios cientos de megabytes.

Muchas compañías están compitiendo para conseguir que su formato de discos magneto-ópticos sea el reemplazo de los tradicionales disquetes de 1,44MB; el más usual, aunque ya en vías de la obsolescencia técnica. Ejemplos de discos magneto-ópticos son el MiniDisc de Sony, las unidades IOmega, etc.

El DVD

El próximo paso en la evolución de los medios de almacenamiento ópticos es, sin duda alguna, el DVD, siglas de Disco Versátil Digital. Este disco se fabrica con la misma tecnología de un CD de audio normal, pero llevado un paso adelante: gracias a la utilización de nuevas tecnologías de fabricación de diodos láser y al empleo de frecuencias de operación más elevadas, es posible reducir aun más el tamaño de los *pits* y del espacio entre pistas de información; esto permite una mayor densidad de información y, por lo tanto, un incremento significativo en la cantidad de datos que se pueden grabar en un solo disco de 12 cm, de hecho, las dimensiones físicas externas de ambos formatos son las mismas.

En un proceso de conversión A/D, los niveles de voltaje en la entrada son convertidos en combinaciones de 1's y 0's que representan fielmente a la señal original.

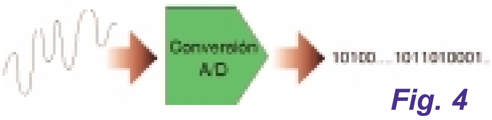


Fig. 4

Un DVD puede contener hasta 4,7 gigabytes, y gracias al desarrollo de novedosos métodos de escritura por capas, esta capacidad puede aumentar hasta casi 18 gigabytes de información en un solo disco de 12 cm.

Esa enorme capacidad de almacenamiento podría parecer exagerada para el usuario de computadoras; sin embargo, resulta ideal para la distribución de películas digitalizadas, por lo que se calcula que en pocos años el DVD se convertirá en el medio de venta de películas más popular, por encima de las cintas VHS, ofreciendo además la ventaja de una calidad de imagen y sonido superiores a las de las cintas analógicas.

Sin duda, los medios ópticos constituyen una alternativa importante en el futuro inmediato, para el registro de cantidades extraordinarias de información. No obstante, los medios magnéticos también se encuentran en gran efervescencia; incluso, la vertiente donde se combinan las tecnologías óptica y magnética resulta cada vez más atractiva para los usuarios de computadoras. *****************

El Mundo de la
Electrónica

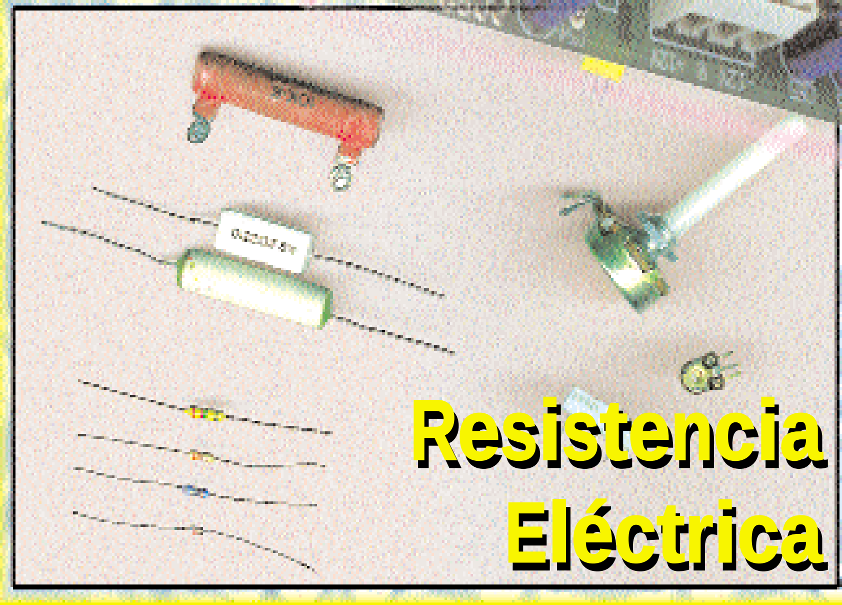
Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo, Felipe Orozco y Leopoldo Parra.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

3

El Mundo de la Electrónica

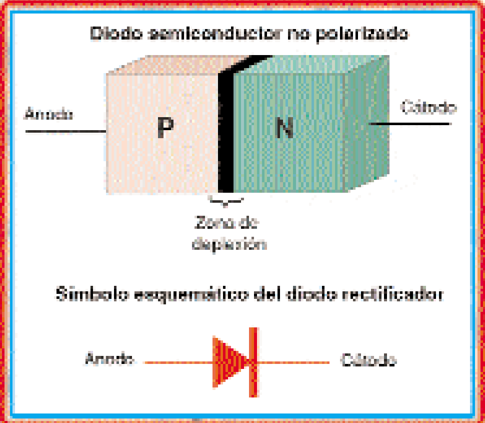
TV
AUDIO
VIDEO
COMPUTADORAS

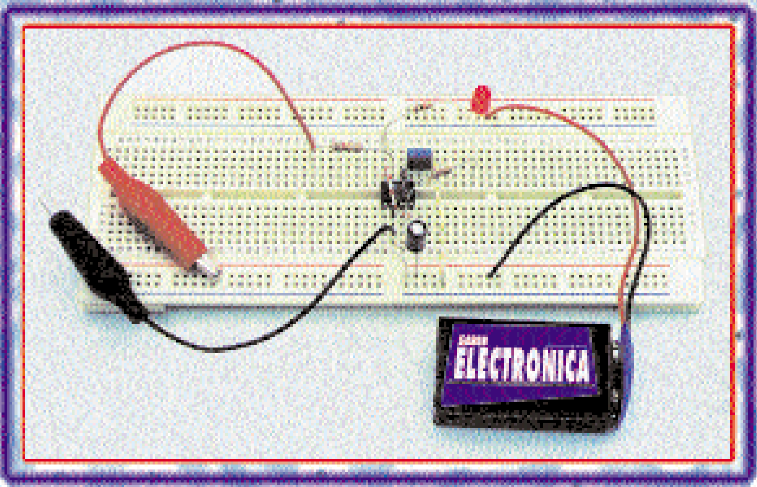


Resistencia Eléctrica

ES UNA EDICION ESPECIAL DE
SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Diodos Semiconductores


Diodo semiconductor no polarizado
Anodo
P
N
Cátodo
Zona de depleción
Símbolo esquemático del diodo rectificador
Anodo
Cátodo


SABER
ELECTRONICA

MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 3

RESISTENCIA ELECTRICA

La resistencia eléctrica 35
Unidad de resistencia 35
La ley de Ohm 36
Resistividad 37
Circuito eléctrico 38
Otra vez la ley de Ohm 39
Cálculo de la corriente 40
Cálculo de la resistencia...............................40
Cálculo de la tensión.....................................41
Los resistores en la práctica 41
La ley de Joule...42
Unidades de potencia,
energía y calor...43
Calor específico de los materiales..............44

DIODOS SEMICONDUCTORES

Introducción..44
Diodos semiconductores...............................45
Diodo rectificador 46
Diodo zéner..47
Diodo de corriente constante.....................47
Diodo de recuperación en escalón, ...47
Diodo invertido 47
Diodo túnel..47
Diodo varicap..48
Diodo varistor..48
Diodo emisor de luz.......................................48

Cupón Nº 3
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 3

Resistencia Eléctrica

LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

La cantidad de agua que sale de un caño, como se muestra en la figura 1, depende de la altura del tanque (comparable a la "presión" o tensión) y del espesor del caño. La analogía eléctrica de este fenómeno se estudiará enseguida.

Pensando en la analogía con un depósito de agua, vemos que el flujo por el caño depende en gran parte del espesor del mismo. En un caño más grueso el agua encuentra menor ***"resistencia"*** y puede fluir con más facilidad. El resultado es un flujo mucho más intenso y por consiguiente una cantidad mayor de agua. con la electricidad ocurre lo mismo.

Si tenemos una fuente cualquiera de energía eléctrica capaz de proporcionar cargas en cantidades limitadas, que a la vez hace de tanque, la unión con un cable conductor entre los polos de la fuente hace que la corriente pueda fluir y eso nos lleva a un comportamiento semejante al del tanque de agua (figura 2).

La intensidad de la corriente que va a fluir, es decir, el número de "amperes" no depende sólo de la tensión de la fuente sino también de las características del conductor. Estudiamos que los materiales se comportan de modo diferente en relación a la transmisión de cargas. No existen conductores perfectos. Y además, el cable conductor puede ser fino o grueso, largo o corto.

Si el cable fuera fino y largo, de material mal conductor de la electricidad, el flujo será muy pequeño. La corriente encontrará una gran ***"resistencia"*** u ***"oposición"*** a su circulación. Si el cable fuera de un buen material conductor, corto y grueso, la oposición al pasaje de corriente será mínima y la corriente intensa (figura 3).

El efecto general de un cable ***o de un cuerpo cualquiera*** que es recorrido por una corriente se denomina ***Resistencia Eléctrica***.

Podemos definir la resistencia eléctrica como:

"Una oposición al pasaje de la corriente."

La resistencia eléctrica de un conductor depende de diversos factores, como la naturaleza del material de que está hecho el conductor y del formato (longitud, espesor, etc.).

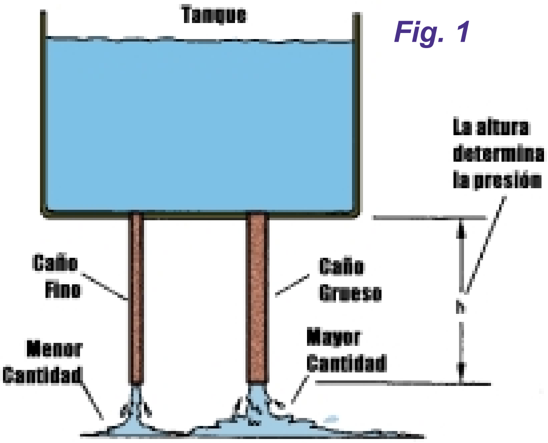


Fig. 1

Unidad de resistencia

Si conectamos un conductor a un generador (pila) u otra fuente de energía que establezca una tensión de 1V y verificamos que es un recorrido por una corriente de 1A (1 ampere) de intensidad, podemos decidir entonces que el conductor presenta una resistencia de 1 ohm (Ω).

El ohm, abreviado Ω, es la unidad de resistencia. La letra griega omega mayúscula se utiliza para la abreviatura (figura 4).

Podemos, como en el caso de la corriente y la tensión, usar múltiplos y submúltiplos del ohm para representar resistencias grandes y chicas. Es más común el uso de múltiplos.

Es así que si tuviéramos una resistencia de 2.200 ohms, podemos, en lugar de ese número, escribir 2k2 ó 2,2k, donde k significa "kilo" o 1.000 ohm. Vea que podemos usarlo al final del número o en lugar de la coma decimal.

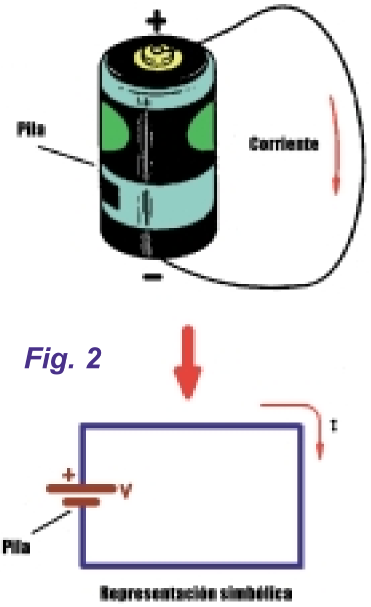


Fig. 2

Del mismo modo, si tuviéramos una resistencia de 1.500.000 ohm podemos escribir 1M5 ó 1,5MΩ donde M significa "Mega" o millones de ohm.

Vea en este caso que también la

Fig. 3

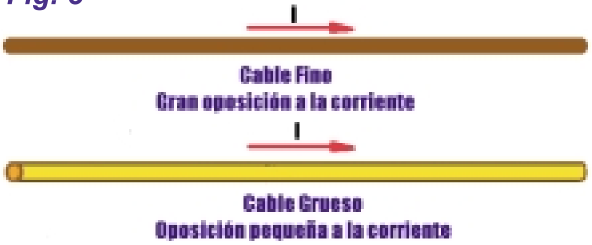

I
Cable Fino
Gran oposición a la corriente
I
Cable Grueso
Oposición pequeña a la corriente

Fig. 4

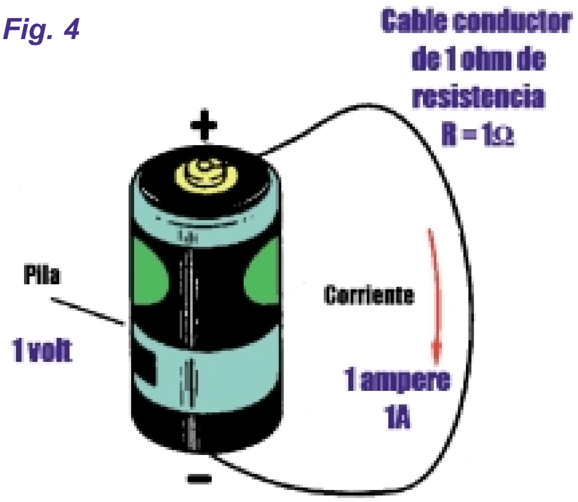
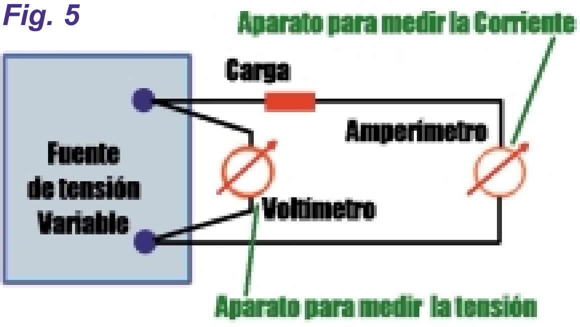


Fig. 5


Aparato para medir la Corriente
Carga
Fuente de tensión Variable
Amperímetro
Voltímetro
Aparato para medir la tensión

letra M puede usarse al final del número o en lugar de la coma decimal.

LA LEY DE OHM

Una de las leyes más importantes de la electricidad es la Ley de Ohm.

Para enunciarla, conectemos a la fuente de energía eléctrica que establezca tensiones diferentes, un cable conductor que presente cierta resistencia y midamos las corrientes correspondientes, comprobaremos que se dan determinadas situaciones que permitirán verificar esta importante ley (figura 5).

Lo que hacemos entonces es aplicar al conductor diferentes tensiones y anotar las corrientes correspondientes.

Si tenemos una tensión de 0V la corriente será nula.

Si tenemos una tensión de 1V, la corriente será de 0,2A.

Si tenemos una tensión de 2V, la corriente será de 0,4A.

Podemos ir anotando sucesivamente las tensiones y las corrientes correspondientes para este conductor determinado y formar una tabla:

Tensión (V)	*Corriente (A)*
0	0
1	0,2
2	0,4
3	0,6
4	0,8
5	1,0
6	1,2
7	1,4
8	1,6
9	1,8
10	2,0

Analizando la tabla sacamos dos concluisones importantes:

1) Dividiendo la tensión por cualquier valor de la corriente obtenemos siempre el mismo número:

1/0,2 = 5
5/1,0 = 5
8/1,6 = 5

El "5", valor constante, es justamente la resistencia.

La resistencia depende, por lo tanto, de la tensión y de la corriente y puede calcularse dividiendo la tensión (V) por la corriente (I). (En las fórmulas representamos las tensiones por E o V y las corrientes por I). Podemos establecer la importante fórmula que expresa la Ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \qquad (1)$$

Para calcular la resistencia de un conductor (o de otro elemento cualquiera) basta dividir la tensión entre sus extremos por la corriente que circula en el elemento. De la fórmula obtenemos otras dos:

$$V = R \times I \qquad (2)$$

$$I = V/R (3)$$

La primera nos permite calcular la ***"caída de tensión en un cable"*** o cuántos volt cae la tensión a lo largo de un conductor en función de su resistencia.

La segunda nos da la corriente, cuando conocemos la tensión y la resistencia de un conductor.

2) Graficando los valores de las tensiones y corrientes de un conductor obtenemos la representación siguiente (figura 6).

Unidos los puntos obtenemos una recta inclinada. Esta recta es la "curva características de una resistencia".

Si se tienen dos conductores con otras resistencias, podemos hacer los gráficos y obtener ***"curvas"*** con inclinaciones diferentes (figura 7).

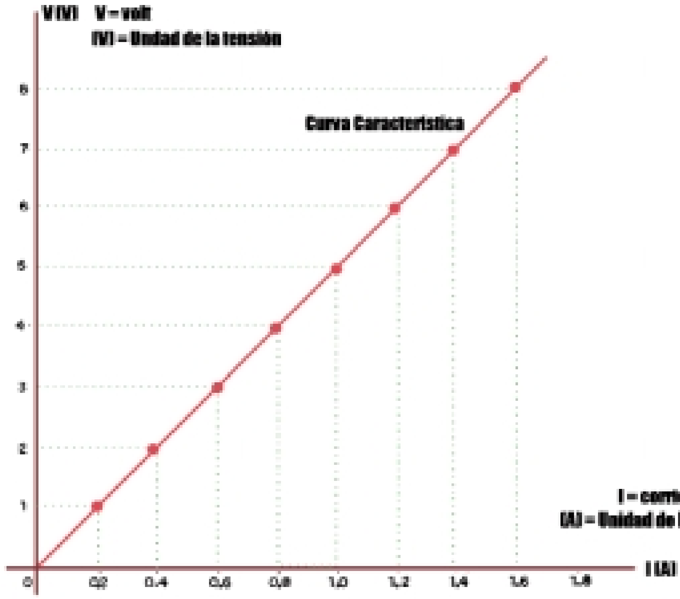


Fig. 6

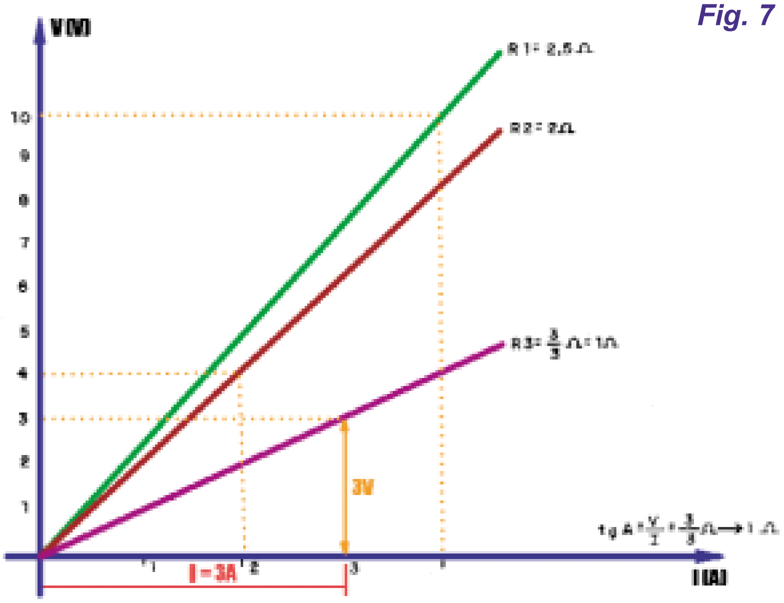


Fig. 7

La inclinación de la "curva" se mide por la tangente **(tg)** del ángulo.

Esa tangente es justamente el valor dado de la tensión por la corriente correspondiente, como muestra la figura 8. La tangente del ángulo A (tgA) corresponde entonces a la resistencia del conductor.

Es importante que recuerde que:

- El cociente de la tensión y la corriente en un conductor es su resistencia.

- En un conductor la corriente es directamente proporcional a la tensión.

- La "curva característica" de un conductor que presente una cierta resistencia, es una recta.

Vea que todos los conductores presentan curvas como las indicadas. Los componentes o elemento que presentan este tipo de comportamiento se denominan ***"dipolos lineales"*** y podemos citar a los resistores y a los conductores como ejemplos. Existen también dipolos no lineares cuyas "curvas" pueden presentar configuraciones diferentes como se ve en la figura 9.

RESISTIVIDAD

Como vimos la resistencia de un conductor depende de tres factores: longitud, espesor y tipo de material. Dejando de lado la longitud y el espesor, podemos analizar los diversos materiales en función de una magnitud que caracteriza a los conductores de la electricidad.

Es así que decimos que el cobre es mejor conductor que el aluminio, en el sentido de que si preparáramos un cable de cobre y otro de aluminio, de la misma longitud y espesor, el cable de cobre presentará menor resistencia (figura 10).

Existe entonces una magnitud, la ***"resistividad"*** que caracteriza el material de que está hecho el conductor eléctrico y que no depende de las dimensiones del cuerpo final que formará, sea un cable, una barra, una esfera, etc.

La resistividad se representa con la letra griega ρ (ro) y al final de esta lección se dará una tabla comparativa de resistividades de los metales comunes. Vemos entonces que, respecto de las resistividades, al del aluminio es de:

0,028 ohm. mm^2/m

y la del cobre es bastante menor:

0,017 ohm.mm^2/m

¿Qué significan esos valores?

Sifnifica que si hacemos un cable (alambre) de cobre de 1 m de longitud y 1 mm^2 de sección, tendrá una resistencia de 0,0175 ohm.

La sección recta es el área del corte transversal del alambre como muestra la figura 11.

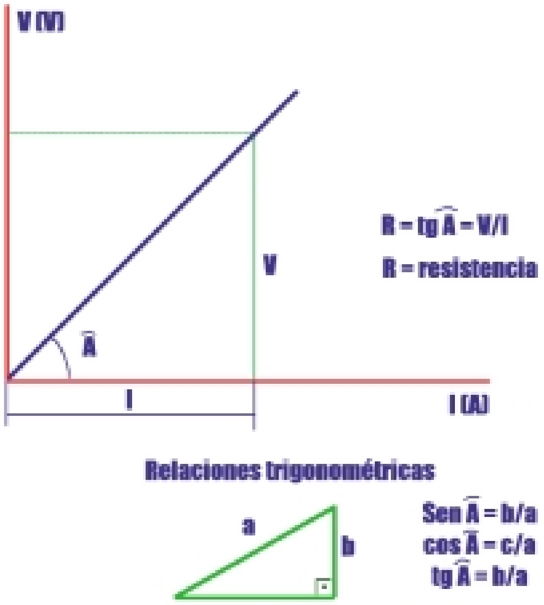


Fig. 8

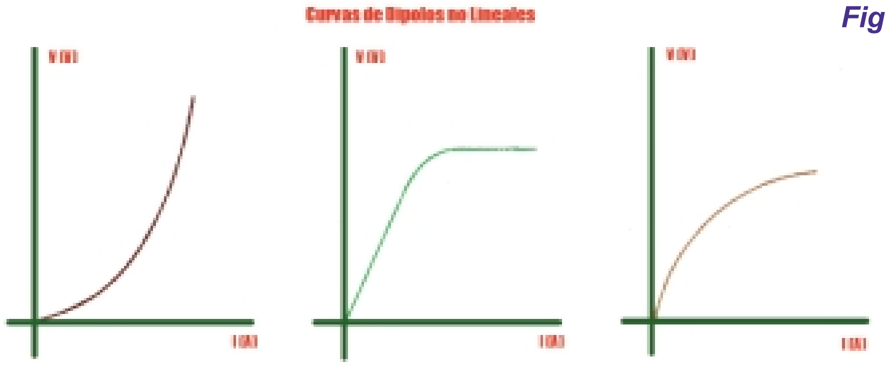


Fig. 9

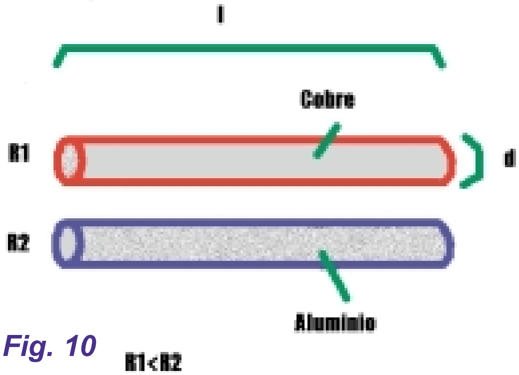


Fig. 10

Vea que tenemos alambres con corte circular y también con corte cuadrado. Si sus superficies fueran iguales, en el cálculo son equivalentes.

La fórmula que permite calcular la resistencia de un cable de metal cualquieira, conociendo su resistividad, es:

$$R = \rho \, . \, \frac{l}{S} \qquad (4)$$

Donde:

ρ es la resistividad en ohms. mm^2/m

l es la longitud del cable en metros

S es la superficie de la sección transversal en mm^2

Si el cable fuera de sección circular, la superficie puede calcularse en función del diámetro mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

D es el diámetro del cable en mm.

La resistividad es una magnitud inherente al material, que lo caracteriza como buen o mal conductor de la electricidad.

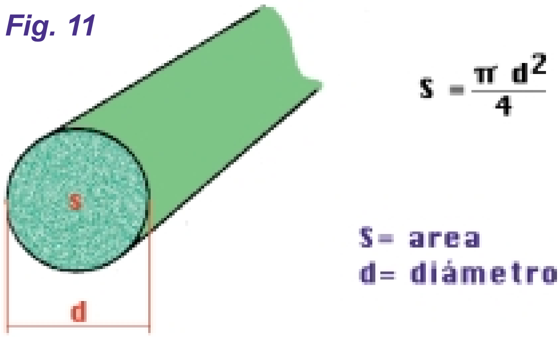


Fig. 11

¿Qué es lo que realmente causa la resistencia de un material, un metal, por ejemplo?

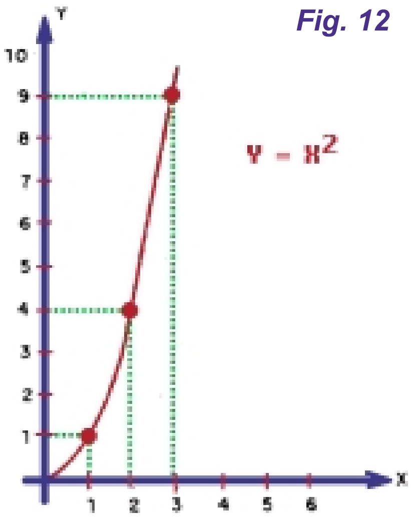
—La oposición al pasaje de la corriente eléctrica por el material, o sea que la resistencia depende de la cantidad de electrones libres que el material posee, además de la existencia de fuerzas que pueden alterar su movimiento.

En un metal, por ejemplo, la cantidad de electrones libres depende, en parte, de su temperatura, pero la misma temperatura hace que la agitación de las partículas aumente, esto dificulta el movimiento de las cargas. Entonces, tenemos para los metales una característica importante: como la agitación de las partículas (átomos) predomina en relación a la liberación de las cargas, la resistividad aumenta con la temperatura.

Para los metales puros, el coeficiente de temperatura, o sea la manera en que aumenta la resistividad, está cerca del coeficiente de expansión térmica de los gases que es 1/273 = 0,00367.

¿Qué significa decir que la corriente es directamente proporcional a la tensión, en el caso de la Ley de Ohm?

— Tiene mucha importancia entender ese significado pues aparece en muchas leyes físicas relativas a la electricidad. Decir que una corriente es directamente proporcional a la tensión significa que a cualquier aumento o disminución de la tensión (causa) corresponde en relación directa un aumento o disminución de corriente. En el caso de aumentar la tensión el 20%, la corriente aumentará en la misma proporción. En la relación de proporción directa, las magnitudes que intervienen aparecen siempre con el exponente "1".



En este caso, la tensión y la corriente en la Ley de Ohm no están elevadas al cuadrado ni a otro exponente como sucede en otros tipos de relación.

En la relación **$X = Y^2$**, por ejemplo, existe una relación de proporción directa al cuadrado. Puede decirse en este caso que ***"X es directamente proporcional al cuadrado de Y".***

Vea que todos los valores están en el numerador.

En la relación **$X = 1/Y^2$** puede decirse que X es inversamente proporcional al cuadrado de Y, pues Y está al cuadrado y en el denominador.

En la figura 12 se muestran curvas que representan relaciones directamente proporcionales al cuadrado e inversamente proporcionales al cuadrado. Ahora bien, *¿siempre que haya una tensión y un cable va a circular corriente?*

La respuesta es NO. Para que circule corriente y se verifique la Ley de Ohm, debe existir un circuito cerrado; por ello, veamos que nos dice la Ley de Ohm desde otro enfoque.

CIRCUITO ELÉCTRICO

La aplicación de cargas eléctricas con signo contrario a los extremos de un conductor no es suficiente para lograr una corriente eléctrica constante, pues solo se lograría la circulación, por un momento, de flujo de corriente eléctrica, hasta que las cargas de los extremos se hayan neutralizado, tal como se muestra en la figura 13.

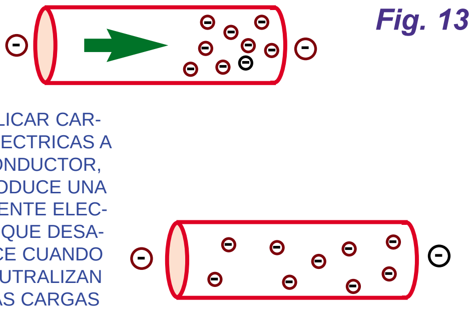


Fig. 13

AL APLICAR CARGAS ELECTRICAS A UN CONDUCTOR, SE PRODUCE UNA CORRIENTE ELECTRICA QUE DESAPARECE CUANDO SE NEUTRALIZAN DICHAS CARGAS

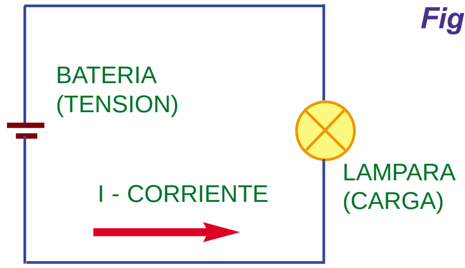


Fig. 14

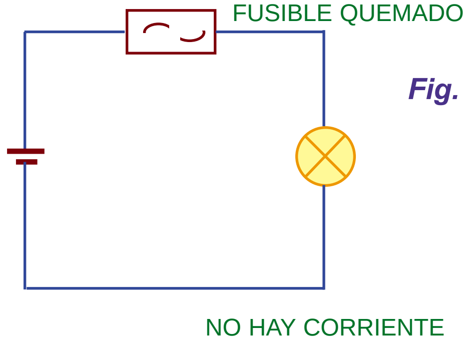


Fig. 15

Para que en un conductor haya corriente eléctrica, los electrones libres deberán moverse constantemente en una misma dirección, lo que se consigue por medio de una fuente de energía para aplicar las cargas de signo contrario a los extremos del conductor; las cargas negativas serán atraídas por las cargas positivas del otro extremo. Por cada electrón que dé la fuente al conductor por el lado negativo, existirá otro en el lado positivo; entonces la corriente fluirá de manera constante mientras se mantengan aplicadas al conductor las cargas eléctricas de la fuente de energía, por tanto, se llama circuito cerrado o completo (figura 14).

Un claro ejemplo de fuentes de energía eléctrica son las baterías y las pilas. Para que haya flujo constante de corriente, el circuito deberá estar cerrado o completo. Ahora, si un circuito se interrumpe en cualquier punto, la corriente dejará de fluir y se dice que es un circuito abierto; éste puede abrirse deliberadamente por medio de un interruptor, u ocurrir como consecuencia de fallas o desperfectos en un cable o una resistencia quemada, por ejemplo. Por lo general se usan fusibles como protección del circuito contra excesos de corrientes que puedan perjudicar la fuente de tensión. Sepamos que el fusible tiene la función de abrir el circuito cuando la corriente excede el valor límite, ya que en un circuito serie abierto no hay flujo de corriente, y no hay caída de tensión sobre las resistencias que forman la carga (Figura 15).

En el circuito de corriente continua, la resistencia es lo único que se opone al paso de la corriente y determina su valor. Si el valor de la resistencia fuera muy pequeño, la corriente a través del circuito sería demasiado grande. Por lo tanto, el cortocircuito es la condición de resistencia muy baja entre los terminales de una fuente de tensión. Se dice que un circuito está en corto cuando la resistencia es tan baja que el exceso de corriente puede perjudicar los componentes del circuito; los fusibles y los tipos de interruptores automáticos protegen los circuitos contra el peligro de los cortocircuitos.

OTRA VEZ LA LEY DE OHM

Sabiendo que la corriente que fluye por un circuito cerrado depende de la tensión aplicada y de la resistencia de la carga, podemos hacer las siguientes observaciones:

Recordemos que una fuente de tensión origina una corriente eléctrica en un circuito cerrado, y que la resistencia del circuito se opone a ella; por lo tanto, hay una estrecha relación entre la tensión, la corriente y la resistencia, lo que fue descubierto por el físico alemán OHM, quien después de varios experimentos hizo estas comprobaciones:

a) Si la resistencia del circuito se mantiene constante y se aumenta la tensión, la corriente aumenta.

b) Si en el mismo circuito se disminuye la tensión, la corriente disminuye proporcionalmente.

Ohm, de lo anterior, dedujo que: ***"la corriente, en cualquier circuito, es directamente proporcional a la tensión aplicada".***

Y además:

c) Si la tensión de la fuente se mantiene constante y se cambia la resistencia del circuito por otra mayor, la corriente disminuye.

d) Si en el mismo circuito la resistencia disminuye, el valor de la corriente aumenta.

OHM dedujo: "la corriente es inversamente proporcional a la resistencia del circuito".

La relación entre corriente, tensión y resistencia constituye la ley fundamental de la electricidad y se conoce como ***"LEY DE OHM"***, que se resume así:

"en todo circuito eléctrico, la corriente es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del circuito".

Matemáticamente se expresa así:

$$I = \frac{V}{R}$$

que nos muestra que la corriente en un circuito es igual al valor de la tensión dividido por el valor de la resistencia. Hay también otras dos fór-

Fig. 16

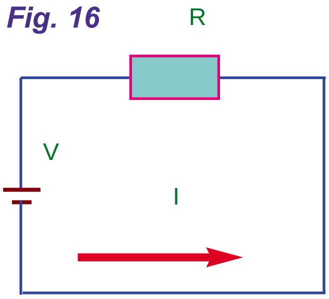
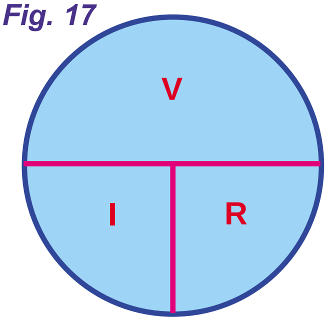


Fig. 17



mulas útiles de la ley de Ohm y son:

$$R = \frac{V}{I}$$

que nos muestra que la corriente es igual a la tensión dividida por la corriente y

$$V = I \cdot R$$

que nos muestra que la tensión es igual a la corriente multiplicada por la resistencia (figura 16).

Recordemos siempre las 3 fórmulas de la Ley de Ohm, ya que son muy importantes, y las usaremos frecuentemente. Al comienzo es imprescindible tener el gráfico de la figura 17 a la vista, pues ahí tenemos las formas de la ley de Ohm. Si necesitamos calcular **I,** la tapamos y nos queda **V/R,** si queremos calcular **R**, tapamos y nos queda **V/I**; y si necesitamos calcular **V**, tapamos y nos queda **I . R**.

CÁLCULO DE LA CORRIENTE

Si necesitamos calcular cualquiera de los 3 factores intervinientes en un circuito eléctrico, es mejor estar seguros, en primer término, de cuál es el factor que se desconoce, —la incógnita— y después elegir la ecuación apropiada para resolver el problema, tal como se muestra en la figura 18. Se debe encontrar el valor de la corriente que circulará en el circuito de la figura, formado por: una fuente de energía de 200V, una resistencia de 40Ω y un fusible que soporta 6A máximo.

¿Se excederá la capacidad del fusible al cerrar el interruptor?

El primer paso será el de determinar el valor de la corriente que circulará por el circuito cuando se cierre el interruptor.

Usaremos la ecuación:

$$I = \frac{V}{R}$$

entonces:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200V}{40\Omega} = 5A$$

Teniendo como resultado que si la corriente es solamente de 5A, la capacidad del fusible no será sobrepasada y éste no se quemará; pero, pensemos qué pasará si se usa una resistencia de 10Ω en el circuito.

Hagamos el mismo cálculo usando la misma ecuación:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{200V}{10\Omega} = 20A$$

La corriente de 20 ampere resultante excederá la capacidad del fusible, que es solamente de 6 ampere, y éste se fundirá al cerrar el interruptor (figura 19).

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA

Si queremos calcular el valor de la resistencia necesaria para producir una cierta cantidad de corriente en un circuito con una tensión dada, usaremos la segunda ecuación de la ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

En el circuito de la figura 20 fluye una corriente de 5 ampere cuando el reostato se ajusta a la mitad de su valor.

Fig. 18

FUSIBLE DE 6A

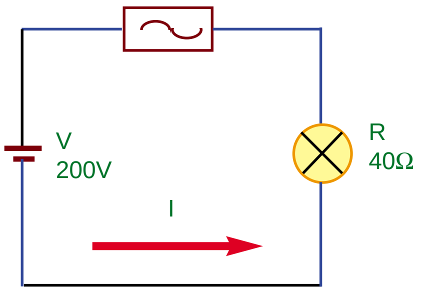
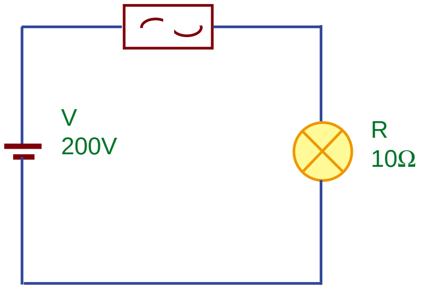


Fig. 19

FUSIBLE QUEMADO



NO HAY CORRIENTE

Fig. 20

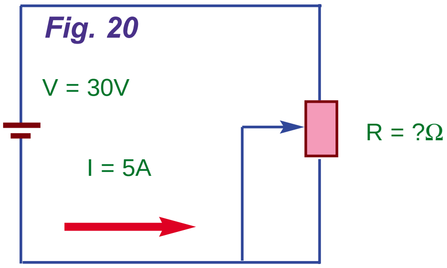
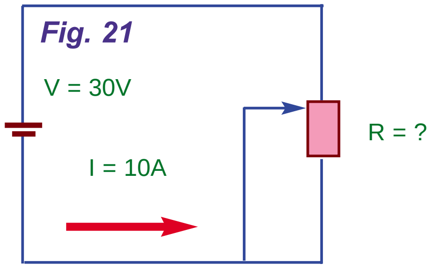


Fig. 21



¿Cuál será el valor de la resistencia del circuito si la batería es de 30 volt?

$$R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{5A} = 6\Omega$$

La figura 21 nos muestra que la corriente por el circuito es de 10A; *¿cuál será en este caso el valor de la resistencia?*

Usamos otra vez la misma ecuación para resolver el problema.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{30V}{10A} = 3\Omega$$

Entonces queda expuesto que, para duplicar el valor de la corriente, debe disminuirse la resistencia a la mitad.

CÁLCULO DE LA TENSIÓN:

La tensión de un circuito puede calcularse por la tercera fórmula de la ley de Ohm: **V=I R**

El foquito del circuito señalado en el diagrama de la figura 22 tiene una resistencia de 200Ω y al cerrar el interruptor circula por él una corriente de 1 ampere;

¿Cuál será la tensión de la batería?

Aquí la incógnita es la tensión; luego, la ecuación a usar será:

V = IR

V = I.R = 1A x 200Ω = 200V

Después de estar encendido durante algunas horas, por el circuito del foco solamente circulan 0,5 ampere. La batería se agotó, *¿cuál será la tensión que ahora entrega el circuito?* (figura 23).

V = I R = 0,5A . 200Ω = 100V

La corriente disminuyó a la mitad porque la tensión se redujo a la mitad de su valor.

LOS RESISTORES EN LA PRÁCTICA

En las aplicaciones prácticas puede resultar necesario ofrecer una cierta oposición al pasaje de la corriente. Eso puede hacerse con finalidades diversas, como por ejemplo: reducir la intensidad de una corriente muy intensa para un fin deteminado, transformar la energía eléctrica en calor y también reducir la tensión que se aplique a un elemento de un aparato. En electrónica encontramos, entonces, el uso de dispositivos cuya finalidad es justamente ofrecer una oposición al pasaje de una corriente, o sea que presentan "resistencia eléctrica". Estos dispositivos se denominan "resistores".

Los resistores son, de todos los componentes electrónicos, los más comunes y aparecen en gran cantidad en los aparatos. El funcionamiento de los resistores es uno de los temas de esta lección.

El otro tema se refiere a lo que sucede con la energía eléctrica en los resistores. El efecto térmico que estudiamos anteriormente es el más importante manifestado por los resistores y su tratamiento es fundamental en los proyectos de aparatos. la importante ley que rige la transformación de energía eléctrica en calor, en los resistores, es la Ley de Joule, que también se trata en este capítulo.

Los resistores son bipolos que siguen la Ley de Ohm, o sea, dispositivos en los que dentro de una banda determinada de tensiones, la corriente es directamente proporcional, lo que significa una resistencia constante.

En la figura 24 mostramos los tres símbolos más comunes que se usan en la representación de resistores.

En los diagramas en que se representan muchos resistores, éstos se identifican con la letra "R" seguida del número de orden 1, 2, 3, etc. que indica la posición del componente en el circuito. Junto con la identificación del resistor puede citarse su valor en las unidades que ya conocemos, como el ohm y sus múltiplos (kilohm y megahom).

En la figura 25 se ven algunos tipos de resistores (cuya construcción se tratará en la próxima lección).

En verdad, los conductores pueden considerarse como resistores de valores muy bajos, ya que no existen conductores perfectos. Solamente cuando necesitamos resistencia por encima de un cierto valor es que hacemos uso de componentes específicos. Una resistencia de fracción de ohm puede obtenerse cortando un trozo de conductor de largo y espesor determinados. Para una resistencia mayor, digamos 1.000Ω o 100.000Ω, necesitamos ya un componente específico pues el cable empleado para eso tendría una longiutd prácticamente imposible. Es así que el material usado en la construcción de los resistores depende fundamentalmente de la resistencia que deseamos que presente.

Fig. 22

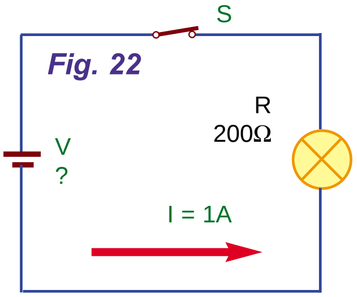


Fig. 23

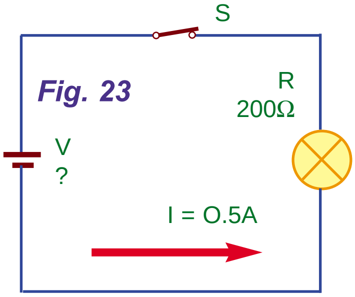
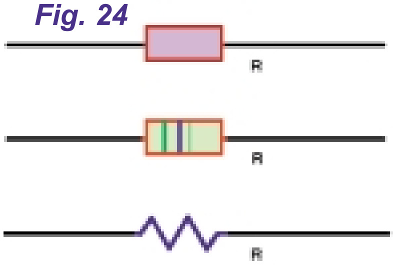


Fig. 24



La Ley de Joule

La energía eléctrica puede convertirse en energía térmica, o sea en

Fig. 25

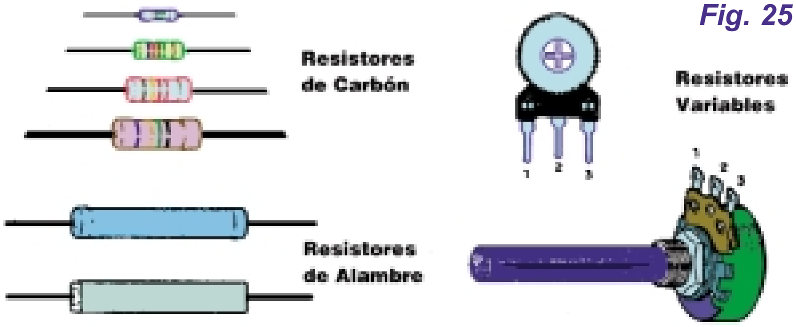


Fig. 26

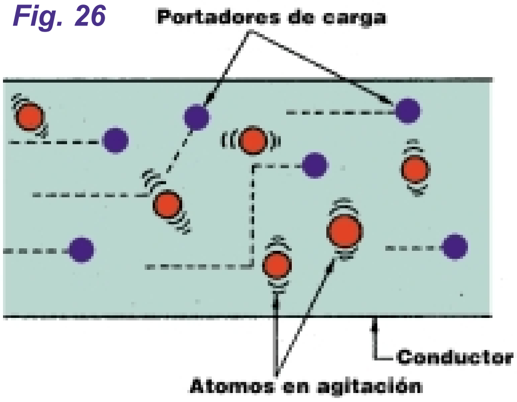
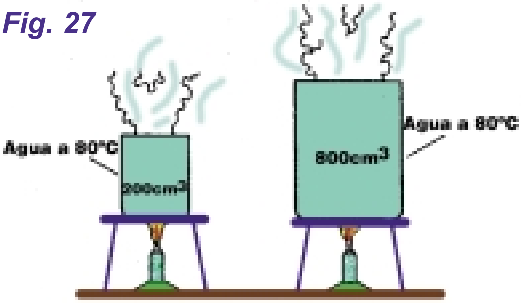


Fig. 27



Gastamos más gas para calentar una cantidad mayor de agua a la misma temperatura

calor. El efecto térmico de la corriente eléctrica, que fue tema de lecciones anteriores, mostró al lector que su utilidad práctica es muy grande, por la cantidad de aparatos que podemos construir.

Pero, *¿cuál es el origen del efecto térmico?*

Cuando una corriente eléctrica encuentra oposición a su pasaje, el "esfuerzo" que tiene que efectuar para poder pasar se convierte en calor.

Los portadores de carga que forman la corriente eléctrica "chocan" con los átomos del material conductor y aumentan su agitación y, por consiguiente, su temperatura (figura 26). Podemos sacar en conclusión que en todo medio que presenta una cierta resistencia al pasaje de una corriente, siempre hay producción de calor. En un resistor, todo esfuerzo que se gasta para que pase la corriente se transforma en calor.

Recuerde

—En los resistores, la energía eléctrica se convierte en calor (energía térmica).

Por supuesto que el lector no debe confundir calor con temperatura. El calor es una forma de energía mientras que la temperatura indica el estado de agitación de las partículas de un cuerpo.

Cuando calentamos un cuerpo, aumenta la agitación de sus partículas y eso significa que la temperatura sube. Pero si tenemos dos porciones diferentes de agua, vemos que una necesita más tiempo que la otra para calentarse a la misma temperatura. Esto significa que la cantidad de energía térmica que debemos entregar a una es mucho mayor que la otra, o sea que precisa mayor cantidad de calor (figura 27).

Es así que después de calentadas, las dos cantidades de agua, aun con la misma temperatura, representan distintas cantidades de calor.

La cantidad de calor que puede proporcionar una corriente cuando circula por un resistor, obedece a la ***Ley de Joule*** que se explica a continuación. La cantidad de energía que se convierte en calor en cada segundo en un resistor, se mide en watt (W). El watt puede usarse también para medir otros tipos de potencia (potencia es la cantidad de energía por segundo).

Podemos usar el watt para medir la potencia de un motor (potencia mecánica), ***la potencia de un amplificador*** (potencia sonora) o la potencia de una lámpara eléctrica (potencia luminosa) y muchas otras.

En nuestro caso trataremos ahora exclusivamente la potencia térmica, o sea la cantidad de energía que los resistores convierten en calor.

Es importante observar que en los resistores toda la energía que reciben se convierte en calor (figura 28). La potencia que se convierte en calor en un resistor depende tanto de la tensión en sus extremos, como de la corriente circulante. Llamando P a la potencia, I a la intensidad de la corriente y V a la tensión entre sus extremos, podemos escribir la expresión matemática de la Ley de Joule:

$$P = V \times I$$

Eso queire decir que, para calcular la potencia que se convierte en calor en un resitor, debemos multiplicar la corriente por la tensión en el resistor y el resultado se obtendrá en watt (si la corriente estuviera dada en ampere y la tensión en volt, ¡claro!).

Ejemplo: en un resistor conectado a una fuente de energía de 10V, circula una corriente de 2A.

¿Cuál es la potencia convertida en calor?

$I = 2A$
$V = 10V$
Por lo tanto:

$$P = I \times V$$
$$P = 2 \times 10$$
$$P = 20 \text{ watt}$$

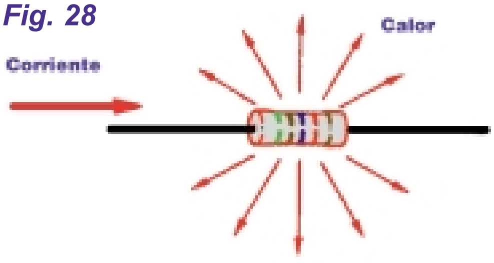
El resistor convierte en calor una potencia de 20 watt.

Ahora, como la circulación de la corriente en un resistor está regida por ***la Ley de Ohm***, podemos calcular también la potencia en función de la resistencia. Partiendo de la relación $R = V/I$ podemos llegar a dos nuevas expresiones de la ***Ley de Joule.***

$$P = V^2 / R$$
$$P = R \times I^2$$

La primera se usará cuando queramos calcular la potencia en función de la tensión y la resistencia, en cambio, la segunda, cuando queramos calcular la potencia a partir de la resistencia y la corriente.

Fig. 28



Toda energía se convierte en calor

Fig. 29

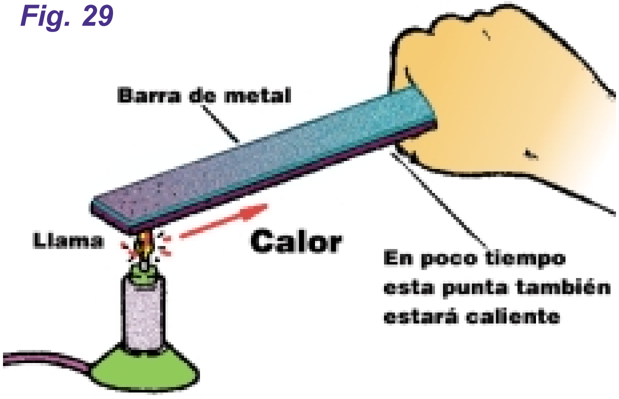

Barra de metal
Llama
Calor
En poco tiempo esta punta también estará caliente

Fig. 31

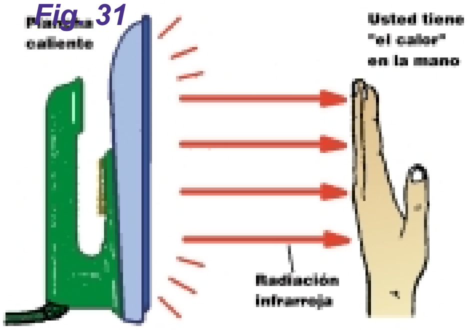
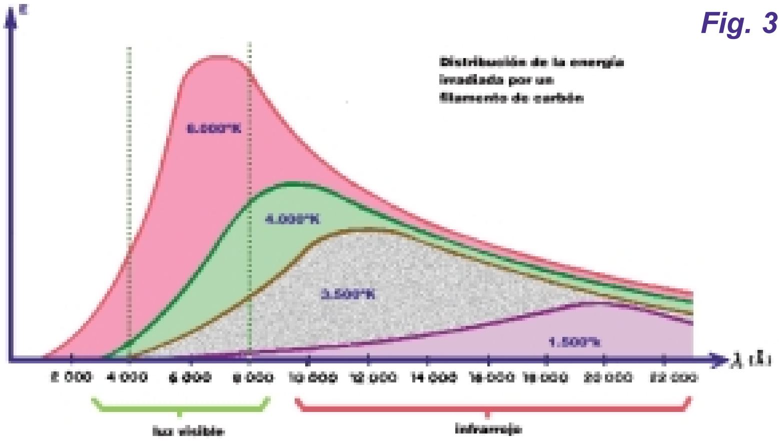


Fig. 30



UN POCO DE TERMODINÁMICA

El calor generado en los circuitos electrónico, en vista de la ***Ley de Joule***, no puede quedar en los circuitos. Es importante saber cómo puede ***"disiparse"*** el calor o sea cómo puede transferirse al medio ambiente para asegurar la estabilidad térmica del conjunto, para evitar que la temperatura se eleve por encima de los límites que pueden soportar las piezas. Las maneras por las que se propaga el calor deben formar parte, entonces, de nuestro curso, por la importancia que tienen en este caso. Hay tres formas de propagación del calor:

1. Conducción: esta forma se parece mucho a la electricidad. Del mismo modo que los portadores pueden "saltar" de átomo en átomo, el calor producido por la agitación de las partículas puede transmitirse de átomo a átomo de un cuerpo (figura 29).

Como ocurre con la electricidad, también hay buenos y malos conductores de calor.

Los metales son buenos conductores de calor. Si se toma un cuchillo por el mango y se calienta la punta al fuego, en poco tiempo, por conducción, el mango también estará caliente.

2. Radiación: todos los cuerpos que estén por encima del cero absoluto (-273°C) tienen sus partículas en estado de vibración continua. Esa vibración hace que los electrones salten a niveles diferentes de energía y en esos saltos, emiten radiación electromagnética (figura 30).

Si la temperatura del cuerpo fuera inferior a 1.500°K, la mayoría de los saltos de los electrones se producen entre niveles tales que la emisión de radiación se efectúa en el espectro infrarrojo (entre 8.000Å y 40.000Å)

No podemos ver esta radiación, pero la sentimos cuando acercamos la mano a una plancha caliente (figura 31). El hecho es que esta radiación significa que el ***"calor"*** está siendo irradiado al espacio en forma de ondas que se propagan ¡a 300.000 kilómetros por segundo!

Los cuerpos pintados de negro irradian mejor el calor que los claros.

3. Convección: finalmente tenemos la irradicación de calor por convección, que ocurre porque el agua y el aire calentados son más livianos que el agua o el aire fríos.

Los globos llenos de aire caliente ascienden por esta razón. Cuando el aire toca un cuerpo caliente, se calienta, se hace más liviano y ascendiendo forma corrientes de convección que pueden ***"llevar" el calor lejos***.

UNIDADES DE POTENCIA, ENERGÍA Y CALOR

No debemos confundir de manera alguna, las tres magnitudes que hemos citado en esta lección: ***potencia, energía y calor.***

La potencia es el centro de nuestra atención pero debemos empezar por la energía.

Decimos que un resorte contiene energía porque puede realizar un trabajo, o sea, puede mover alguna cosa, puede accionar algo, o ejercer una fuerza durante un cierto tiempo (figura 32).

Un cuerpo cargado, que pueda producir una corriente eléctrica, también posee energía que puede usarse para establecer una corriente en un conductor o en un resistor.

En los dos casos, la energía disponible se mide en ***joule*** (J).

El efecto que pueda tener la energía, depende de la cantidad que se gaste en un segundo. Un resistor puede "gastar" energía más o menos rápidamente, precisará más o menos energía en cada segundo. Esa ***"velocidad"*** con que la energía se gasta, es la potencia. Un motor de mayor potencia "consume" más combustible (o más rápidamente) que un motor de menor potencia. Esa potencia se mide en ***watt*** (W).

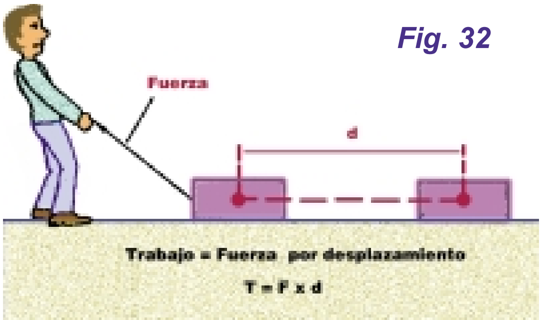

Fuerza
d
Trabajo = Fuerza por desplazamiento
T = F x d

Fig. 32

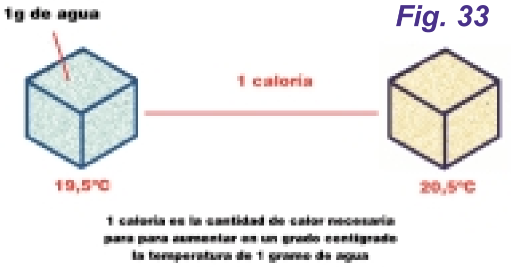

1g de agua
1 caloría
19,5°C
20,5°C
1 caloría es la cantidad de calor necesaria para para aumentar en un grado centígrado la temperatura de 1 gramo de agua

Fig. 33

1 watt = 1 joule por segundo

Por otra parte, para indicar la energía que se gasta en el calentamiento de los cuerpos, existe una unidad propia que es la caloría (cal), (figura 33).

1 caloría = 4,18 joul, o:
1 joule = 0,24 cal

Hay una fórmula que permite establecer el calentamiento de un cuerpo (si no hay cambio de estado, esto es, fusión o ebullición) en función de su capacidad térmica:

$$Q = c \times m \times \Delta t$$

Donde:

c *es el calor específico del cuerpo*

Q *es la cantidad de calor en calorías*

m *es la masa del cuerpo en gramos*

Δt *es la variación de temperatura que ocurre*

El calor que puede transferirse de un cuerpo a otro por conducción, radiación o convección.

CALOR ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES

La tabla 4 da el calor específico de diversas sustancias, medido a 20°C. Por lo tanto, se trata de la cantidad de calorías que se necesitan para elevar en un grado centígrado la temperatura de 1 gramo de la sustancia que se encontraba a 20°C.

Por último, en la tabla 5 se da la conductividad térmica de algunos materiales.

Tabla 5

Sustancia	Conductividad térmica (kcal/m . h . °C)
Aluminio	180
Hierro	54
Cobre	335
Oro	269
Mercurio	25
Plata	360
Acero	39
Amianto	0,135
Concreto	0,1 a 0,3
Baquelita	0,25
Vidrio	0,64
Granito	1,89
Hielo	1,9
Papel	0,12

Tabla 4

Sustancia	Calor específico (X cal/g.°C)	Punto de fusión (°C)
Acetona	0,52	-94,3
Aluminio	0,21	658,7
Benceno	0,407	5,5
Bronce	0,0917	900
Cobre	0,094	1.083
Alcohol etílico	0,58	-114
Glicerina	0,58	-20
Oro	0,032	1.063
Agua	1	0
Hierro	0,119	1.530
Plomo	0,03	327
Mercurio	0,033	-38,9
Níquel	0,11	1.452
Plata	0,056	960

Diodos Semiconductores

INTRODUCCIÓN

Un semiconductor es un material (generalmente silicio o germanio) cuyas características de condución eléctrica han sido modificadas. Para esto, como sabemos, ha sido combinado, sin formar un compuesto químico, con otros elementos.

A este proceso de combinación se le llama *dopado*. Por medio de éste, se consiguen básicamente dos tipos de materiales: tipo N, en los que se registra un exceso relativo de electrones dentro del material, y tipo P, en los que se presenta un déficit de electrones (figura 1). Los dispositivos electrónicos se forman con diferentes combinaciones de materiales tipo P y N, y las características eléctricas de cada uno de ellos están determinadas por la intensidad del dopado de las secciones de los semi-

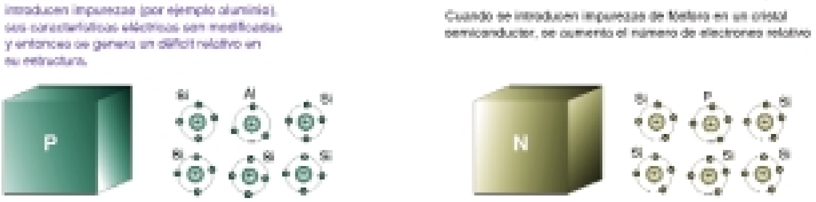

Cuando a un material semiconductor se introducen impurezas (por ejemplo aluminio), sus características eléctricas son modificadas y entonces se genera un déficit relativo en su estructura.
P
Si
Al
Si
Si
Si
Si
Cuando se introducen impurezas de fósforo en un cristal semiconductor, se aumenta el número de electrones relativo
N
Si
P
Si
Si
Si
Si

Fig. 1

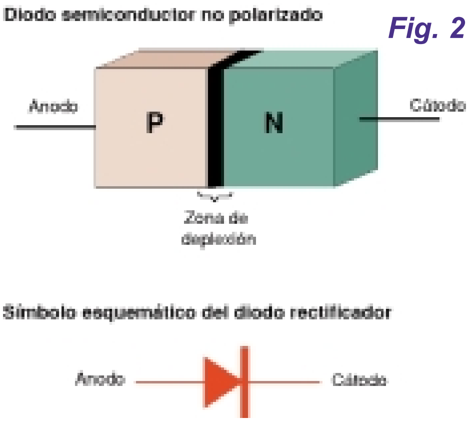


Fig. 2

Diodo semiconductor no polarizado

Símbolo esquemático del diodo rectificador

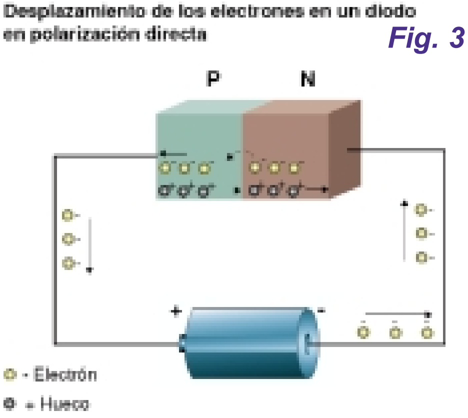


Fig. 3

Desplazamiento de los electrones en un diodo en polarización directa

conductores, así como por el tamaño y organización física de los materiales. Gracias a esto es posible fabricar, por ejemplo, un transistor para corrientes pequeñas y otro para corrientes elevadas, aunque la forma básica de los dos sea la misma.

Diodos semiconductores

Los diodos realizan una gran variedad de funciones; entre ellas, la rectificación de señales de corriente alterna en fuentes de poder y en radios de AM, reguladores de voltaje, formadores de onda, duplicadores de voltaje, selectores de frecuencia, detectores de FM, disparadores, indicadores luminosos, detectores de haz, generadores láser, etc. Las aplicaciones de los diodos son muchas y muy variadas; de ahí la importancia de conocerlos más a fondo.

Los diodos semiconductores son dispositivos conformados por dos secciones de material semiconductor, una tipo P y la otra tipo N. Su nombre proviene de la contracción de las palabras ***dos electrones***, en inglés. En la actualidad, la palabra ***diodo*** se utiliza de manera más amplia para definir a muchos dispositivos semiconductores que únicamente tienen dos terminales de conexión; esto, a pesar de que su formación interna sea de más de dos secciones de material semiconductor. A la sección P de un diodo se le conoce con el nombre de ***ánodo***, y a la sección N con el de ***cátodo***.

En un diodo, su sección N tiene impurezas que le permiten tener un exceso de electrones libres en su estructura; así, dicha sección se hace de cierta forma negativa. Y como en su sección P las impurezas provocan un déficit de electrones libres, la misma se torna positiva. Cuando no hay una tensión aplicada en las secciones del diodo, se desarrolla un fenómeno interesante en la unión P-N: los electrones libres de la sección N se recombinan (se unen) con los huecos cercanos a la unión de la sección P. A esta recombinación en la unión del diodo, se le denomina ***dipolo***. La formación de dipolos en la zona de unión, hace que en esa parte se registre un déficit de portadores; por eso se le llama ***zona de deplexión*** (figura 2).

Cada dipolo tiene un campo eléctrico entre los iones positivo y negativo. Los electrones son repelidos por este campo, cuando tratan de cruzar la zona de deplexión para recombinarse con huecos más alejados del otro lado. Con cada recombinación aumenta el campo eléctrico, hasta que se logra el equilibrio; es decir, se detiene el paso de electrones del semiconductor tipo N hacia el tipo P. El campo eléctrico formado por los iones, se denomina ***barrera de potencial***; para los diodos de germanio, es de 0,2 volt; para los diodos de silicio, es de 0,7 volt.

Si se conecta una fuente de potencial eléctrico (por ejemplo, una pila o batería) a las terminales del diodo, de forma que el polo positivo de la fuente coincida con la sección P del diodo y el polo negativo con la sección N, se dice que el diodo está en polarización directa. Pero cuando el polo positivo se conecta a la sección N del diodo y el polo negativo a la sección P, entonces el diodo está polarizado de manera inversa.

Cuando el diodo se encuentra en polarización directa, los electrones libres de la sección N y los huecos de la sección P son repelidos hacia la unión P-N debido al voltaje aplicado por la fuente externa. Si el voltaje de polarización es más grande que el valor de la barrera de potencial, entonces un electrón de la sección N cruzará a través de la unión para recombinarse con un hueco en la sección P. El desplazamiento de los electrones hacia la unión, genera iones positivos dentro de la sección N, los cuales atraen a los electrones del conductor externo hacia el interior del cristal. Una vez dentro, los electrones pueden desplazarse también hacia la unión para recombinarse con los huecos de la sección P, mismos que se convierten en electrones de valencia y son atraídos por el polo positivo del conductor externo; entonces salen del cristal (semiconductor P), y de ahí se dirigen hacia la batería (figura 3).

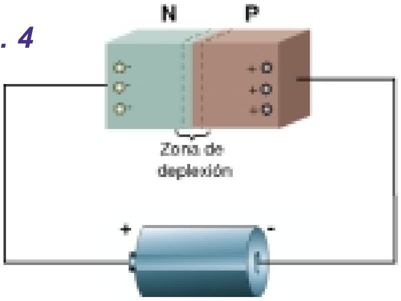
El hecho de que un electrón de valencia en la sección P se mueva hacia el extremo izquierdo, es equivalente a que un hueco se desplace hacia la unión. Este proceso de flujo de corriente en el diodo se mantiene, en tanto exista la polarización directa con el valor de voltaje mayor a la barrera de potencial.

Si el diodo está polarizado de manera inversa, los huecos de la sección P son atraídos hacia el polo negativo de la batería y los electrones de la sección N son atraídos hacia el polo positivo. Puesto que huecos y electrones se alejan de la unión, la zona de deplexión crece de acuerdo con el valor del voltaje inverso aplicado a las terminales del diodo. Por tanto, la zona de deplexión deja de aumentar cuando tiene una diferencia de potencial igual al valor de la tensión inversa aplicada. Con la zona de deplexión aumentada, no circula entonces corriente eléctrica; la razón es que el dispositivo, en cierta forma, aumentó al máximo su resistencia eléctrica interna (figura 4).

Aunque de manera práctica con-

Cuando un diodo se polariza de manera inversa, no circula corriente eléctrica a través de él, y la barrera de potencial en la zona de deplexión se hace muy grande.

Fig. 4



sideremos que no hay flujo de corriente eléctrica a través del diodo en polarización inversa, realmente sí se genera un pequeño flujo de corriente eléctrica inversa. El calor del ambiente, hace que de manera espontánea se generen pares ***hueco-electrón*** suficientes para mantener un diminuto flujo de corriente eléctrica. A la corriente eléctrica inversa también se le conoce como ***corriente de portadores minoritarios*.** Hay otra corriente que se genera de manera paralela a la corriente inversa, y es la eléctrica superficial de fugas; ésta es producida por impurezas en la superficie del cristal e imperfecciones en su estructura interna.

Los diodos tienen un valor de voltaje inverso máximo, que puede ser aplicado en sus terminales sin ser destruido. Este valor depende de la construcción interna del diodo. Para cada diodo, el fabricante especifica el valor de tensión inversa.

Para efectos prácticos, se considera al diodo como si fuera perfecto; es decir, en polarización directa porque así no presenta resistencia eléctrica (permite el paso libre de la corriente); en polarización inversa tiene una resistencia infinita, y por eso no permite el paso de la corriente eléctrica. En la práctica se utilizan las dos formas de polarizar al diodo y se aplican tensiones y corrientes diversas, de manera que el diodo funcione dentro de diferentes puntos de operación, según sea la función que de él se desea.

Si a un diodo en polarización inversa se le aumenta continuamente el valor del voltaje aplicado, se llegará al punto de ruptura; entonces el diodo conducirá de manera repentina y descontrolada la corriente eléctrica. En polarización inversa hay una diminuta corriente de fuga; pero cuando el valor de la tensión inversa aumenta, los electrones de la corriente de fuga incrementan su energía; y cuando los electrones adquieren energía suficientemente grande, chocan contra los átomos del material y así se liberan los electrones de éstos, que a su vez se suman a la corriente eléctrica de fuga. Este proceso se sucede en cadena; de modo que si un electrón libera a dos, éstos liberarán a otros dos y así sucesivamente; por eso es que la corriente crece muy rápido.

Mediante una gráfica se puede representar el comportamiento del diodo en términos de ***corriente y tensión***. El fabricante de semiconductores proporciona una curva característica para cada tipo de diodo; en ella se representan las variaciones de corriente, dependientes de la tensión aplicada en sentido directo e inverso.

En la figura 5, se muestra la gráfica representativa de un diodo semiconductor.

El eje horizontal representa la tensión aplicada al diodo (hacia la izquierda se indica la tensión en polarización inversa, y hacia la derecha el voltaje en polarización directa); el eje vertical, representa la corriente que circula a través del diodo (hacia arriba indica corriente en sentido directo, y hacia abajo corriente en sentido inverso). La gráfica se divide en dos partes: la zona de polarización directa y la de polarización inversa.

En la zona de polarización directa, se observa que no hay conducción a través del diodo antes de que se alcance la tensión de umbral de la barrera de potencial. Una vez que el voltaje es mayor que este valor, la conducción de la corriente aumenta a pequeñas variaciones de voltaje.

En la zona de polarización inversa, el diodo se mantiene sin conducir hasta que se llega a la tensión de ruptura en donde la corriente en sentido inverso a través de él, se hace muy grande.

DIODOS RECTIFICADORES

Un diodo rectificador es uno de los dispositivos de la familia de los diodos más sencillos. El nombre ***diodo rectificador***” procede de su aplicación, la cual consiste en separar los ciclos positivos de una señal de corriente alterna.

Si se aplica al diodo una tensión de corriente alterna durante los medios ciclos positivos, se polariza en forma directa; de esta manera, permite el paso de la corriente eléctrica. Pero durante los medios ciclos negativos, el diodo se polariza de manera inversa; con ello, evita el paso de la corriente en tal sentido.

Durante la fabricación de los diodos rectificadores, se consideran tres factores: la frecuencia máxima en que realizan correctamente su función, la corriente máxima en que pueden conducir en sentido directo y las tensiones directa e inversa máximas que soportarán.

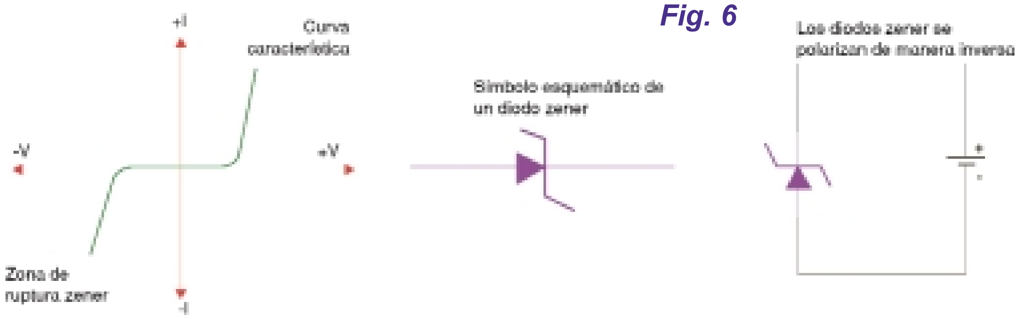
Una de las aplicaciones clásicas de los diodos rectificadores, es en las fuentes de alimentación; aquí, convierten una señal de corriente alterna en otra de corriente directa (lo estudiaremos en el capítulo 5).

Existen diodos denominados ***MEGAHERTZ*** que son un conjunto de rectificadores ultrarrápidos, diseñados para proveer gran eficiencia en la conmutación de señales de muy alta frecuencia en fuentes de poder; no obstante, también se utilizan como correctores de factor en circuitos de potencia.

Los ***SCANSWITCH***, son rectificadores ultrarrápidos que ofrecen alto rendimiento cuando son utilizados en monitores de muy alta resolución y en estaciones de trabajo en donde se requiere de un tiempo de recuperación muy corto y de tensiones de polarización de 1.200 a 1.500V.

En el mercado de semiconductores han aparecido un nuevo tipo de diodos conocidos como ***SWITCHMODE***. Se trata de rectificadores Schottky de potencia, para alta frecuencia y baja tensión; estas características se logran gracias a la unión de silicio y metal. A diferencia de las uniones clásicas de ***silicio — silicio***, este tipo de diodos pueden conmutar en tiempos menores a 10 nanosegundos y se construyen para rangos de corriente que van desde 0,5 a 600 amper y con tensiones inversas de hasta 200V.

Fig. 6


+I
Curva característica
-V
+V
Zona de ruptura zener
-I
Símbolo esquemático de un diodo zener
Los diodos zener se polarizan de manera inversa
+
-

DIODOS ZÉNER

Un diodo zéner es básicamente un diodo de unión, pero construido especialmente para trabajar en la zona de ruptura de la tensión de polarización inversa; por eso algunas veces se le conoce con el nombre de ***diodo de avalancha***. Su principal aplicación es como regulador de tensión; es decir, como circuito que mantiene la tensión de salida casi constante, independientemente de las variaciones que se presenten en la línea de entrada o del consumo de corriente de las cargas conectadas en la salida del circuito.

El diodo zéner tiene la propiedad de mantener constante la tensión aplicada, aun cuando la corriente sufra cambios. Para que el diodo zener pueda realizar esta función, debe polarizarse de manera inversa. Generalmente, la tensión de polarización del diodo es mayor que la tensión de ruptura; además, se coloca una resistencia limitadora en serie con él; de no ser así, conduciría de manera descontrolada hasta llegar al punto de su destrucción (figura 6).

En muchas aplicaciones de regulación de tensión, el diodo zéner no es el dispositivo que controla de manera directa la tensión de salida de un circuito; sólo sirve de referencia para un circuito más complejo; es decir, el zéner mantiene un valor de tensión constante en sus terminales. Esta tensión se compara mediante un circuito ***amplificador*** a transistores o con circuito integrados con una tensión de salida. El resultado de la comparación permite definir la acción a efectuar: aumentar o disminuir la corriente de salida, a fin de mantener constante la tensión de salida. Es importante hacer notar que los diodos zéner se construyen especialmente para que controlen sólo un valor de tensión de salida; por eso es que se compran en términos de la tensión de regulación (zéner de 12V x 1 ampere, por ejemplo).

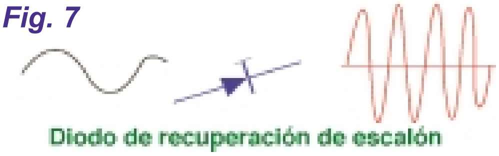
DIODOS DE CORRIENTE CONSTANTE

Estos diodos funcionan de manera inversa a los diodos zéner. En vez de mantener constante la tensión en sus terminales, estos diodos mantienen constante el consumo de corriente; por eso se les conoce como “***diodos reguladores de corriente***. Son dispositivos que mantienen entonces constante el consumo de corriente, independientemente de las variaciones de tensión.

El diodo 1N5305 es regulador de corriente con un valor de corriente de 2 miliampers y un rango de tensión aplicable de 2 a 100V.

Los diodos de recuperación de escalon son utilizados como circuitos multiplicadores de frecuencia.

Fig. 7



DIODOS DE RECUPERACIÓN EN ESCALÓN

El diodo de recuperación de escalón tiene un dopado especial, ya que la densidad de los portadores disminuye cuanto más cerca está de la unión de las secciones de semiconductor. Esta distribución poco común de portadores, genera un fenómeno conocido como ***desplome en inversa***.

Si se aplica una tensión de corriente alterna en las terminales del dispositivo durante los semiciclos positivos de la onda de corriente alterna, el diodo se comporta igual que un diodo rectificador común. Pero durante los semiciclos negativos, la corriente inversa aparece sólo durante un tiempo muy corto, reduciéndose repentinamente hasta cero.

La corriente de desplome de un diodo de recuperación de escalón, está plagada de frecuencias armónicas; éstas pueden ser filtradas, para obtener una señal senoidal de una frecuencia más alta. Esta es la razón por la que los diodos de recuperación son ampliamente utilizados como multiplicadores de frecuencia; es decir, para circuitos en donde la frecuencia de salida es un múltiplo de la frecuencia de entrada (figura 7).

DIODOS INVERTIDOS

Los diodos zéner tienen tensiones de ruptura superiores a los 1,8V. Si se incrementa el nivel de dopado del diodo se logra que el efecto zéner de regulación ocurra cerca de los 0V. La conducción en polarización directa se logra a partir de los 0,7V; pero la conducción inversa (punto de ruptura) se inicia a partir de los –0,1volts. A los diodos que tienen esta característica se les conoce con el nombre de ***diodos invertidos***, ya que conducen mejor en polarización inversa que en polarización directa. Se los usa para amplificar señales débiles cuyas amplitudes pico a pico se encuentran entre 0,1 y 0,7V.

DIODOS TÚNEL

Si durante su construcción a un diodo invertido se le aumenta el nivel de dopado, se puede lograr que su punto de ruptura ocurra muy cerca de los 0V. Los diodos construidos de esta manera, se conocen como ***diodos túnel***. Estos dispositivos presentan una característica de resistencia negativa; esto es, si aumenta la tensión aplicada en los terminales del dispositivo, se produce una disminución de la corriente (por lo menos en una buena parte de la curva característica del diodo). Este fenómeno de resistencia negativa es útil para aplicaciones en circuitos de alta frecuencia como los osciladores, los cuales pueden generar una señal senoidal a partir de la energía que entrega la fuente de alimentación.

DIODO VARICAP

Es un dispositivo semiconductor que puede controlar su valor de capacidad en términos de la tensión aplicada en polarización inversa. Esto es, cuando el diodo se polariza inversamente no circula corriente eléctrica a través de la unión; la zona de ***deplexión*** actúa como el dieléctrico de un capacitor y las secciones de semiconductor P y N del diodo hacen las veces de las placas de un capacitor. La capacidad que alcanza el capacitor que se forma, es del orden de los pico o nanofaradios. Cuando varía la tensión de polarización inversa aplicada al diodo, aumenta o disminuye de igual forma la zona de deplexión. En un diodo, esto equivale a acercar o alejar las placas de un capacitor (ampliaremos en el capítulo 4).

Los diodos varicap se controlan mediante la tensión que se les aplica; por lo que el cambio de capacidad se puede hacer mediante otro circuito de control, ya sea digital o analógico. Las aplicaciones de los varicap son la mayoría de las veces en circuitos resonantes, los cuales permiten seleccionar una señal de una frecuencia específica, de entre muchas señales de diferentes valores (vea en la figura 8 los símbolos de algunos diodos semiconductores).

DIODOS VARISTORES

Los relámpagos que se producen durante una tormenta eléctrica, los motores eléctricos y los fallos comunes en la red de alimentación comercial, inducen picos de alta tensión o variaciones en la forma de onda, en el voltaje de línea que llega a las casas. A tales picos y variaciones, se les conoce con el nombre de ***transitorios .***

Símbolos de algunos diodos semiconductores

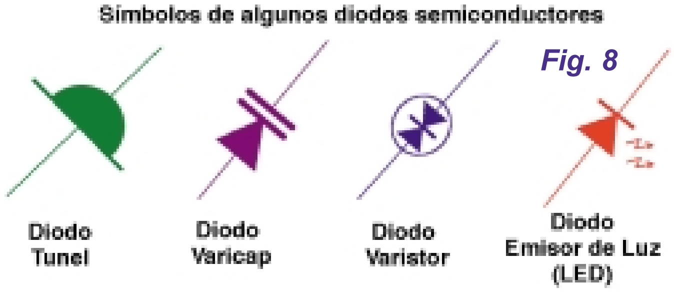


Fig. 8

La continua presencia de transitorios en la red, poco a poco causa la destrucción de los circuitos que contienen los aparatos electrónicos; por eso es que para prolongar la vida de éstos, es necesario adecuar ciertas protecciones.

Uno de los dispositivos empleados para estabilizar la línea, es el varistor; también es conocido como ***supresor de transitorios*** . Este dispositivo equivale a dos diodos zéner conectados en paralelo, pero con sus polaridades invertidas y con un valor de tensión de ruptura muy alto.

Los varistores son construidos para diferentes valores de tensión de ruptura; por ejemplo, un varistor con un voltaje de ruptura de 320V conectado a la línea comercial de 220V, se mantendrá como un dispositivo inactivo hasta que en sus extremos se presente un transitorio con un voltaje igual o superior a los 320V; entonces el dispositivo, disparándose, conduce (su resistencia interna se hace casi cero) y reduce el efecto dañino del transitorio en el circuito. En suma, el varistor como dispositivo de protección recorta a todos los transitorios que se presenten en la línea; con ello, se evitan daños a los circuitos posteriores.

DIODOS EMISORES DE LUZ

Cuando un diodo semiconductor se polariza de manera directa, los electrones pasan de la sección N del mismo, atraviesan la unión y salen a la sección P. En la unión se efectúa la recombinación, en donde los electrones se unen a los huecos. Al unirse, se libera energía mediante la emisión de un fotón (energía electromagnética). Esta emisión de energía, que en un diodo normal es pequeña, puede aumentar mediante la utilización de materiales como el galio, el arsénico y el fósforo en lugar del silicio o el germanio. Así, los diodos diseñados especialmente para emitir luz son conocidos como LED.

El color de la luz emitida depende del intervalo de energía del material; por ejemplo, el fosfato de galio arsenídico (GaAsP) emite luz de color rojo y el fosfato de galio (GaP) emite luz de color verde. Los LED pueden emitir radiaciones desde el infrarrojo hasta la luz visible. Es importante resaltar que los LED se polarizan de manera directa y soportan una tensión máxima al cual emiten la mayor radiación. Si se sobrepasa este valor, el LED puede dañarse.

Las aplicaciones de los LED son muchas; entre ellas, las siguientes: indicadores luminosos, *displays* alfanuméricos, transmisores para fibras ópticas, optoacopladores, en control remoto de videos, televisores o conexión de computadoras.

En el mercado de semiconductores han aparecido versiones más complejas de LED; por ejemplo, el LED bicolor es un dispositivo de tres terminales dentro del cual se han incluido dos diodos en colores diferentes. Otro modelo de LED, es el tipo Flasher; al ser polarizado, enciende de manera intermitente. ************

El Mundo de la
Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Oscar Montoya Figueroa

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

4

El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO
COMPUTADORAS

CAPACITORES

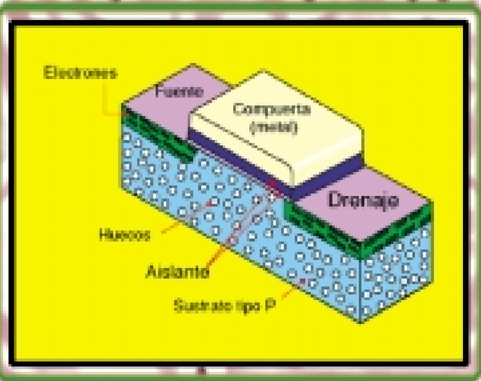
Asociación de Resistencias

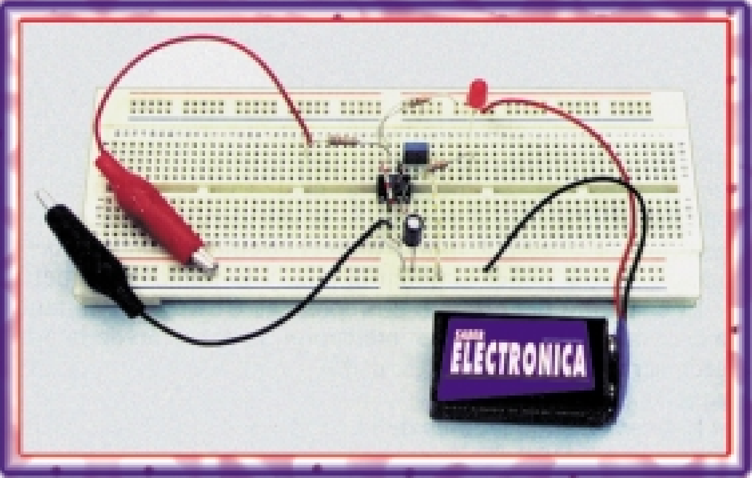
ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Por qué aparecieron los

Transistores


Electrones
Fuente
Compuerta (metal)
Drenaje
Huecos
Aislante
Sustrato tipo P


SABER ELECTRONICA

MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 4

ASOCIACION DE RESISTORES, ASOCIACION DE PILAS, POTENCIA ELECTRICA

Asociación de resistores..............................51
Asociación de pilas 52
Potencia eléctrica 52
Cálculo de potencia 54
Aplicación de la ley de Joule 54
Potencia y resistencia.................................54

CAPACITORES

La capacidad 55
Capacitores planos 56
La energía almacenada en un capacitor.........57
Los capacitores en la práctica 57
Asociación de capacitores..........................57
Capacitores de papel y aceite 58
El problema de la aislación........................58
Capacitores de poliéster y policarbonato...........58
Capacitores de poliestireno 59
Capacitores cerámicos 59
Capacitores electrolíticos 59
Capacitores variables y ajustables.............60
Dónde usar los trimmers 60
Tensión de trabajo 60
Capacitores variables 61
Banda de valores...61

POR QUE APARECIERON LOS TRANSISTORES

Comienza la revolución digital 61
En el principio fue la válvula de vacío.......61
Surge el transistor 62
¿Qué es en realidad un semiconductor? 62
Principio de operación de un transistor.....62
Transistores contenidos en obleas de silicio63
Surgen los microprocesadores...................63
Familias MOS y MOSFET 64
Transistores de altas potencias....................64
Futuro del transistor 64

Cupón Nº 4

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 4

Asociación de Resistencias - Capacitores

ASOCIACIÓN DE RESISTORES

A los fines de simplificar circuitos electrónicos es necesario conocer las características de las diferentes combinaciones de resistores para establecer componentes equivalentes. Se dice que dos o más resistores están en serie cuando por ellos circula la misma corriente, de manera que no debe haber ninguna derivación en el camino que origine un cambio en la intensidad de la corriente que circula por ellos. En la figura 1, los resistores R1, R2 y R3 están en serie.

Resistencia equivalente: es una resistencia que puede reemplazar a las del circuito, sin que se modifiquen los parámetros del mismo. Para calcular la resistencia equivalente de dos o más resistores en serie, simplemente se suman sus valores. En el caso anterior, la resistencia equivalente es:

$$Re = 100\Omega + 120\Omega + 100\Omega = 320\Omega.$$

En general, para resistores en serie, la resistencia equivalente es:

$$Req = R1 + R2 + R3 + ...$$

Se dice que dos o más resistores están conectados en paralelo cuando soportan la misma tensión eléctrica, y eso implica que los resistores estén conectados a puntos comunes. Por ejemplo, en la figura 2, R1, R2 y R3 están en paralelo porque los tres soportan la misma tensión (3V). Para calcular la resistencia equivalente, usamos la siguiente fórmula:

$$Req = \frac{R1 \ . \ R2}{R1 + R2}$$

que sirve para dos resistores; luego, se vuelve a aplicar al tercer resistor con la resistencia equivalente de los dos resistores anteriores y, así, sucesivamente, hasta terminar con el último resistor.

Para el caso de la figura resulta, tomando a R1 y R2, lo siguiente:

$$Req1\text{-}2 = \frac{6\Omega \ . \ 6\Omega}{6\Omega + 6\Omega} = \frac{36\Omega}{12\Omega} =$$

$$\mathbf{Req1\text{-}2 = 3\Omega}$$

$$Req = \frac{Req1\text{-}2 \ . \ R3}{Req1\text{-}2 + R3} =$$

$$Req = \frac{3\Omega \ . \ 3\Omega}{3\Omega + 3\Omega} = \frac{9}{6} =$$

$$\mathbf{Req = 1{,}5\Omega}$$

Veamos algunos casos de aplicación; para ello sea el circuito de la figura 3, y se desea calcular su resistencia equivalente. Evidentemente, R1 no está en serie con R2 ni con R3 debido a la derivación en A, pero R2 y R3 están en paralelo pues están soldados en A y en B; por lo tanto, hallamos la Req de R2 y R3 con la fórmula dada anteriormente:

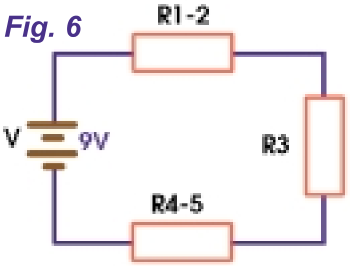
$$Req\ 2\text{-}3 = \frac{120\Omega \times 40\Omega}{120\Omega + 40\Omega} =$$

$$Req\ 2\text{-}3 = \frac{4800}{160} = \mathbf{30\Omega}$$

Luego, el circuito queda como lo muestra la figura 4. Se ve claramente que ambos resistores están en serie, por lo cual:

$$\mathbf{Req = 10\Omega + 30\Omega = 40\Omega}$$

Fig. 6



En la figura 5 se tiene otro circuito eléctrico del cual se desea calcular la resistencia equivalen-

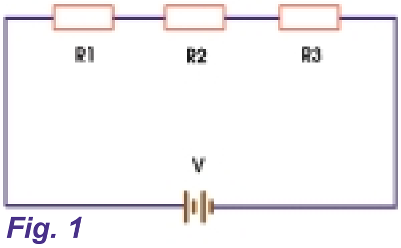


Fig. 1

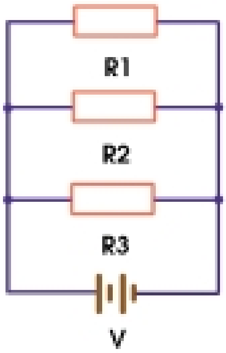


Fig. 2

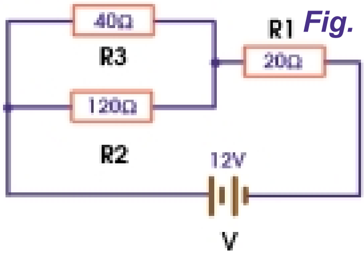


Fig. 3

Fig. 4

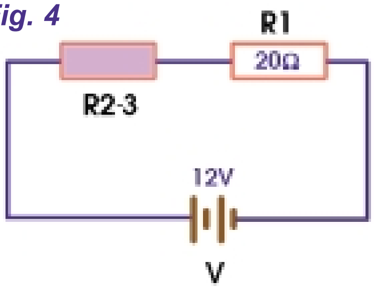


Fig. 5

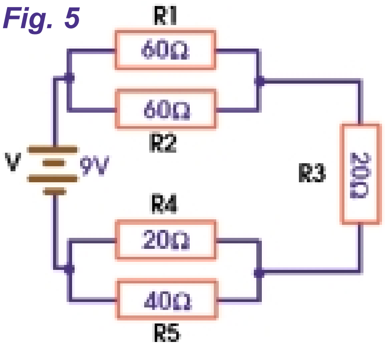


Fig. 7

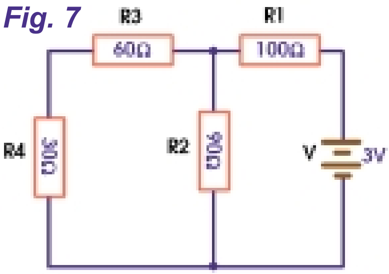


Fig. 8

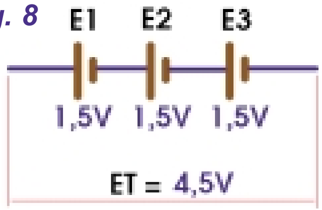
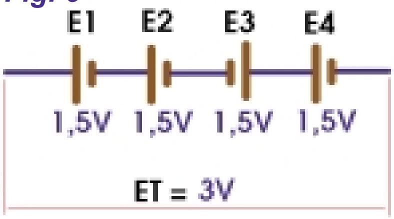


Fig. 9



te. Observando la figura, concluimos que R1 y R2 están en paralelo, así como R4 y R5; sus respectivas resistencias equivalentes son:

$$R1 - 2 = \frac{60\Omega \,.\, 60\Omega}{60\Omega + 60\Omega} = 30\Omega$$

$$R4\text{-}5 = \frac{20\Omega \,.\, 40\Omega}{20\Omega + 40\Omega} = \frac{800\Omega}{60\Omega} = 13{,}3\Omega$$

Luego, el circuito se reduce al de la figura 6.

Es fácil notar que los 3 resistores están en serie (figura 7), y, en consecuencia, su resistencia equivalente será:

Req = 30 + 20 + 13,3 = 63,3Ω

Debemos, ahora, calcular la resistencia equivalente del circuito de la figura 7. Hallar la Req de la combinación de resistores encerrada por la línea punteada. Observando el circuito vemos que R3 y R4 están en serie, ya que por ellos circula la misma corriente y entre ellos no hay ninguna derivación. R1 no está en serie con R2 ni con R3 o R4 debido a que existe una derivación. Por el momento, calculamos la Req de R3 y R4:

R3-4 = 60 + 30 = 90Ω

ASOCIACIÓN DE PILAS

En muchas oportunidades necesitamos asociar pilas para conectarlas a un aparato electrónico; así, no es lo mismo conectar polos negativos entre sí que polos de distinto signo. Por ejemplo, en el caso de una radio que lleva cuatro pilas, cuando éstas deben ser reemplazadas para poder obtener una tensión correcta, las cuatro pilas de 1,5V tienen que estar en serie, con el polo positivo haciendo contacto con el polo negativo de la otra. Así, los dos terminales que quedan libres se conectan al circuito y la tensión equivalente de las fuentes en serie es mayor que la de una sola de ellas, tal como muestra la figura 8.

Las pilas pueden estar en serie, pero algunas de ellas pueden conectarse al revés; entonces, la tensión es la diferencia entre las tensiones de las pilas conectadas en forma directa y las de las pilas conectadas en forma inversa, como vemos en la figura 9.

También pueden conectarse en forma paralela a una resistencia de carga y, en tal caso, la corriente total que pasa por ella es la sumatoria de las corrientes que da cada pila en forma separada. Cuando se conectan en forma paralela se tendrá especial cuidado en que la tensión de las dos sean iguales, de lo contrario la pila de tensión más alta tratará de "empujar" una corriente por medio de la tensión más baja, y será una corriente que pierde energía, lo que como consecuencia traerá el deterioro de las pilas, como se ve en la figura número 10.

Una fuente solamente puede entregar una corriente máxima determinada; es por eso que se usan dos o más fuentes en paralelo, de manera que si se necesita una corriente mayor, se deberá conectar dos o más fuentes de tensión en paralelo. El agotamiento de las baterías es más lento, entonces la duración es mayor; vale decir que las "corrientes" de las pilas se suman, según lo mostrado en la figura 11.

Fig. 10

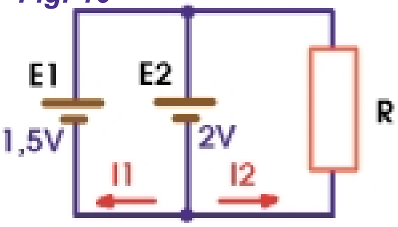


Fig. 11

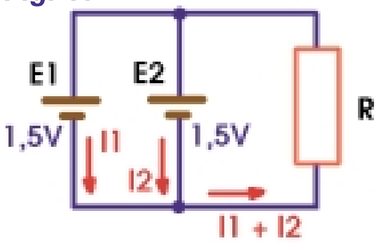


Fig. 12

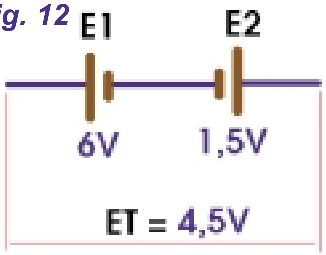
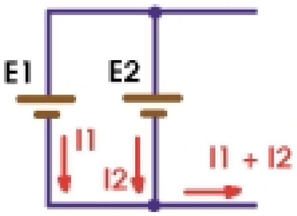


Fig. 13



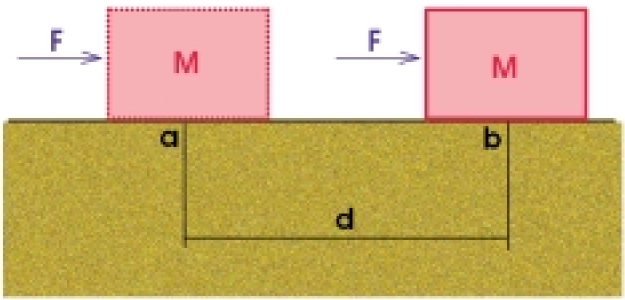
Las tensiones de las pilas en oposición se restan, tal como observamos en la figura 12. La conexión en paralelo solamente es posible si las tensiones de las pilas son iguales, sumadas las corrientes que ellas suministran (figura 13).

POTENCIA ELÉCTRICA

Se dice que energía es todo aquello que se mueve, capaz de realizar un trabajo, sin importar cuál fuere. Por lo tanto, todo es energía, es decir, la materia lleva implícita alguna forma de energía por el solo hecho de estar formada por átomos en constante movimiento.

En física, el trabajo está relacio-

Fig. 14



nado con la distancia que recorre una fuerza para mover un cuerpo. Como ejemplo podemos citar el trabajo que realiza una fuerza F para mover un cuerpo M desde un punto **a** hasta otro punto **b**, recorriendo una distancia d, de acuerdo a lo mostrado en la figura 14.

El trabajo realizado se calcula cómo:

T = F . d

También realiza un trabajo un cuerpo que cae desde una altura h debido al propio peso P del cuerpo que actúa como fuerza, según se muestra en la figura 15.

El cuerpo, al caer, es acelerado por la gravedad terrestre y alcanza su máxima velocidad inmediatamente antes de chocar contra el suelo. Además, su velocidad antes de comenzar su caída era nula, lo que significa que el cuerpo fue adquiriendo una energía como producto del trabajo realizado por la fuerza (cuerpo) al caer. A esta energía se la denomina Energía Cinética (energía de movimiento) y es la energía que ha adquirido el cuerpo al realizar un trabajo, o sea:

Trabajo = Energía Cinética

matemáticamente:

T = Ec

Como se sabe, la electricidad se compone de electrones en movimiento, por lo que podemos aplicar un razonamiento análogo al recién efectuado. Los cuerpos en movimiento serán, en este caso, electrones que poseen una carga eléctrica impulsados por una fuerza (fuerza electromotriz o tensión) que es la diferencia de potencial aplicada en los extremos del conductor.

De esta manera, se realizará un Trabajo Eléctrico debido a la energía que adquieren los electrones impulsados por una diferencia de potencial. A la energía así desarrollada se la denomina: Energía Eléctrica, la cual depende de la tensión aplicada al conductor y de la cantidad de carga transportada, es decir, de la cantidad de electrones en movimiento. Matemáticamente:

Energía Eléctrica = Tensión . Carga Eléctrica

También:

E = V . Q

Como hemos estudiado en lecciones anteriores, la tensión se mide en volt y la carga eléctrica en coulomb. De estas dos unidades surge la unidad de la Energía Eléctrica, que se denomina joule y se abrevia con la letra **J**.

Podemos decir entonces que cuando se aplica a un circuito eléctrico una tensión de 1V transportándose una carga eléctrica de 1C, se pone de manifiesto una energía eléctrica de 1J.

1J = 1V . 1C

No es lo mismo que esta energía eléctrica se desarrolle en un tiempo de 1s (1 segundo), que en 10s.

Cuanto menor sea el tiempo en que se ha desarrollado la misma cantidad de energía, mayor será la potencia puesta en juego. Por lo dicho, se define Potencia Eléctrica como la cantidad de energía eléctrica desarrollada dividida por el tiempo en que ha sido desarrollada dicha energía; matemáticamente:

$$\text{Potencia Eléctrica} = \frac{\text{Trabajo Eléctrico}}{\text{tiempo}}$$

También:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{V \,.\, Q}{t} = V \,.\, \left(\frac{Q}{t}\right)$$

En la fórmula anterior, lo que figura entre paréntesis (Q/t), es el cociente entre la carga eléctrica que circula y el tiempo durante el cual lo está haciendo, lo que simboliza a la corriente eléctrica I.

Si reemplazamos este concepto en la fórmula anterior nos queda:

P = V . I (1)

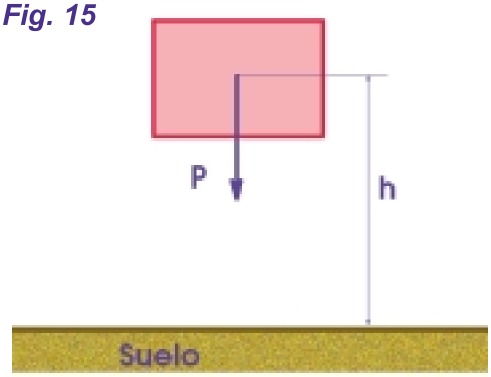
O sea que la potencia eléctrica es el producto de la tensión aplicada a un circuito multiplicada por la corriente que por él circula. En otras palabras, podemos decir que Potencia Eléctrica es la cantidad de trabajo que realiza una carga por unidad de tiempo o el trabajo que desarrolla una carga para vencer una diferencia de potencial.

La unidad de potencia eléctrica es el watt y se la designa con la letra W. Podemos decir que en una carga se desarrolla una potencia de 1W cuando se le aplica una tensión de 1V y que por ella circula una corriente de 1A, tal como muestra la figura 16.

En electrónica de potencia suele utilizarse un múltiplo del watt llamado kilowatt (kW), que representa 1.000W.

En cambio, para la mayoría de los circuitos electrónicos de pequeña señal, el watt resulta una unidad muy grande, razón por la cual se emplean submúltiplos como el miliwatt (mW), que corresponde a la

Fig. 15



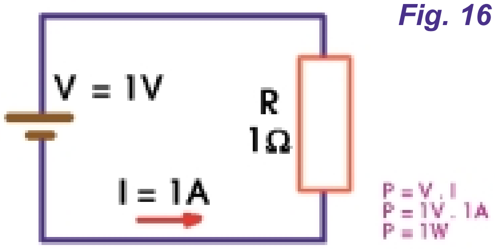
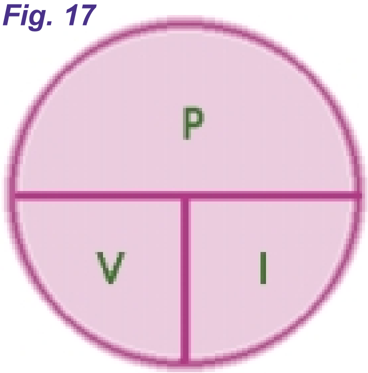


Fig. 16

Fig. 17



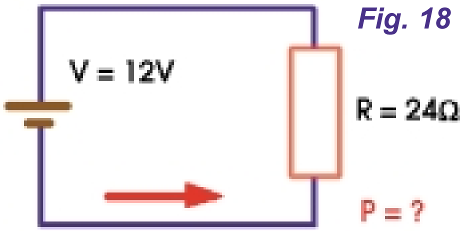


Fig. 18

milésima parte del watt, o el microwatt (µW), que representa a la millonésima parte del watt.

1kW = 1.000W
1mW = 0,001W
1µW = 0, 000001W

Suelen confundirse los conceptos de potencia y energía eléctrica, especialmente cuando se trata de mensurar el consumo eléctrico.

Por ejemplo, una carga de 100W consume una energía eléctrica de 100J por cada segundo de funcionamiento. De esta manera, luego de una hora (60s) habrá consumido una energía igual a:

E = P . t = 100W . 60s = 6.000J

Las compañías de electricidad facturan a los usuarios la energía consumida en un período, es decir, lo hacen en kilowatt-hora (kW-h) y no en joule. De todos modos, el kW-h es una unidad de energía y no de potencia, ya que la energía consumida es el producto de la potencia puesta en juego durante un tiempo determinado.

Cálculo de la Potencia

Para calcular la potencia eléctrica en cualquier circuito basta con multiplicar la tensión aplicada por la corriente que circula.

El mismo concepto es aplicable para cualquier parte constituyente de un circuito siempre que se conozcan las tensiones y corrientes correspondientes.

De la fórmula (1) puede obtenerse el valor de la tensión presente en un circuito, o parte de él, si se conocen la potencia y la corriente que circula. Despejando:

$$V = \frac{P}{I}$$

Puede calcularse la corriente en cualquier parte del circuito, cuando se conocen la potencia y la tensión aplicada. De la fórmula (1) se tiene:

$$I = \frac{P}{V}$$

En la figura 17 se ve el gráfico representativo de la Ley de Joule, que, al igual que lo que ocurre con la Ley de Ohm, permite calcular un parámetro cuando se conocen los otros dos.

Aplicación de la Ley de Joule

Se desea calcular la potencia que consume el resistor de la figura 18, sabiendo que la tensión aplicada es de 12V y la resistencia tiene un valor de 24Ω.

Para resolver el problema primero calculamos la corriente que fluye por el circuito. Aplicando la ley de Ohm tenemos:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12V}{24\Omega} =$$

$$\mathbf{I = 0{,}5A}$$

luego:

$$\mathbf{P = V \cdot I = 12V \cdot 0{,}5A = 6W}$$

Si con una tensión de 12V aplicada a una carga, se desea obtener una potencia de 300mW,

¿Cuál debe ser la corriente que debe circular?.

Del diagrama de la figura 17, como queremos calcular I, la tapamos y nos queda:

$$I = \frac{P}{V}$$

Reemplazando valores, teniendo en cuenta que 300mW corresponden a 0,3W:

$$\mathbf{I = \frac{0{,}3W}{12V} = 0{,}025A}$$

Luego, por el circuito deberá circular una corriente de 25mA (25mA = 0,025A). Si, para el mismo circuito, deseamos conocer ahora cuál es la tensión que se debe aplicar para obtener una potencia de 300mW cuando circula una corriente de 100mA, aplicando el diagrama de la figura 17 y reemplazando valores, podemos conocer el valor de dicha tensión:

$$V = \frac{P}{I} = \frac{300mW}{100mA} =$$

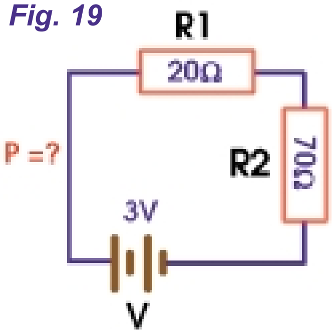
$$V = \frac{0{,}3W}{0{,}1A} = 3V$$

Potencia y Resistencia

Analizando el ejemplo que hemos dado anteriormente, podemos comprender que muchas veces nos vamos a encontrar con circuitos en los cuales se conoce la tensión aplicada y el valor de la resistencia. De esta manera, en primer lugar debemos encontrar el valor de la corriente que circula por dicho resistor para poder efectuar el cálculo de la potencia. Podemos evitar este paso sabiendo que en un resistor la corriente viene dada por:

$$I = \frac{V}{R}$$

Fig. 19



Luego, reemplazando el valor de la corriente en la fórmula de potencia, tenemos:

$$P = E \cdot \frac{E}{R}$$

De lo cual surge que:

$$\mathbf{P = \frac{E^2}{R}}$$

Según lo visto, la potencia que disipa la carga del circuito de la figura 18 puede calcularse directamente, o sea:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{12V^2}{24\Omega} = \frac{144V}{24\Omega} = 6W$$

Como podemos observar, se obtiene el mismo resultado si se aplica un cálculo directo.

Queremos conocer ahora cuál es la potencia que suministra la batería del circuito de la figura 19; para ello calculamos primero la resistencia total. Teniendo en cuenta que las resistencias están en serie:

$$R = R1 + R2 = 70\Omega + 20\Omega = 90\Omega$$

Luego, aplicando la fórmula de potencia para las tensiones, se obtiene:

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{3^2}{90\Omega}$$

$$P = \frac{9V}{90\Omega} = 0{,}1W = 100mW$$

Puede ocurrir que en un circuito, o parte de él, se conozca la corriente y el valor de la resistencia que posee la carga; luego, si se desea conocer la potencia que maneja dicha carga y sabiendo que $V = I \cdot R$, se tiene:

$$P = V \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I \cdot I \cdot R$$

$$\mathbf{P = I^2 \cdot R}$$

Se obtiene así una forma más directa para calcular la potencia de una carga cuando se conoce su valor de resistencia y la corriente que la atraviesa.

Capacitores

INTRODUCCCIÓN

La tentativa de almacenar electricidad en algún tipo de dispositivo es muy antigua. Se tiene constancia de que en 1745, simultáneamente, en la Catedral de Camin (Alemania) y en la Universidad de Leyden (Holanda), dos investigadores desarrollaron dispositivos cuya finalidad era almacenar electricidad o, como se decía entonces, "condensar" electricidad. La botella de Leyden, como se ve en la figura 1, fue el primer "condensador" y dio origen, por su principio de funcionamiento, a los modernos capacitores (o "condensadores" como todavía los denominan algunos) utilizados en aparatos electrónicos. La estructura de los componentes modernos es muy diferente de la que tenían los primeros, de 250 años atrás, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

LA CAPACIDAD

Para entender cómo un conductor eléctrico puede almacenar electricidad, imaginemos la situación siguiente que puede ser el tema de una experiencia práctica:

Al cargar de electricidad un conductor esférico, verificamos que las cargas pueden comprimirse más o menos según el diámetro del conductor y también según la cantidad que pretendemos colocar en ese conductor.

Eso significa que esa compresión de las cargas almacenadas se manifiesta como potencial **V**. La carga **Q** en un conductor de radio **R** manifiesta un potencial **V**.

Si intentamos colocar más cargas en el cuerpo, éstas aumentan el grado de compresión y, por consiguiente, el potencial también debe aumentar. Se verifica que, independientemente del radio del conductor, en las condiciones indicadas existe una proporcionalidad directa entre las cargas que podemos almacenar y la tensión que se manifestará (figura 2).

Si el cuerpo tuviera un radio R y se carga con 0,01 coulomb (unidad de carga), manifestará 100 volt y el mismo cuerpo manifestará 200 volt si se carga con 0,02 coulomb. Podemos entonces definir una magnitud llamada "capacidad" como la relación entre la carga almacenada (Q) y la tensión a que se encuentra (V). Escribimos entonces:

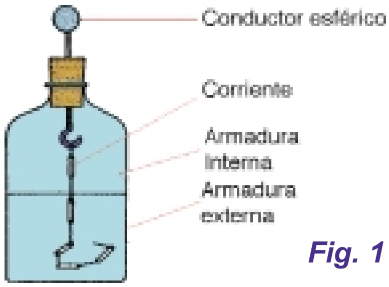


Fig. 1

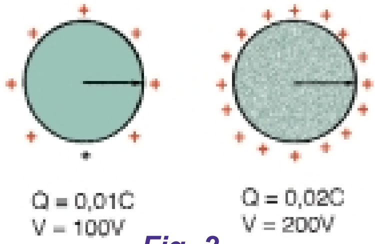


Fig. 2

$$\mathbf{C = Q/V \qquad (1)}$$

En estas condiciones, el conductor esférico funciona como "capacitor esférico".

La capacidad de almacenamiento de carga depende del radio del conductor, y este tipo de dispositivo no es de los más apropiados para los usos electrónicos, pero veremos más adelante cómo hacer algunos

Fig. 3

1 Farad
Q = 1 coulomb
V = 1volt

cálculos interesantes que lo tienen en cuenta. Nos interesa ahora la constancia de la relación Q/V que define la capacidad cuya unidad es el ***Farad*** (F). Un capacitor (no necesariamente esférico) tendrá una capacidad de 1 Farad si almacena la carga de 1 Coulomb y tiene 1 volt de tensión.

(Usamos la palabra tensión y no potencial pero el lector sabe que en este caso la diferencia no importa porque la unidad es la misma - Figura 3). En la práctica, una esfera con la capacidad de 1 Farad debiera ser enorme, de manera que los capacitores que usamos en los aparatos tienen capacidades que son submúltiplos del Farad.

Tres son los submúltiplos del Farad que más se usan:

- Microfarad (μF) que es la millonésima parte de 1 Farad o 0,000001 Farad que representado en forma exponencial es 10^{-6} Farad.

- Nanofarad (nF) que es la billonésima parte del 1 Farad o 0,000000001 Farad y 10^{-9} Farad en forma exponencial.

- El picofarad (pF) que es la trillonésima parte de 1 Farad o 0, 000000000001 Farad o 10^{-12} Farad.

Vea que de la relaciones indicadas se tiene que:

- 1 nanofarad equivale a 1.000 picofarad (1nf = 1.000pF)

1 microfarad equivale a 1.000 nanofarad (1μF = 1.000nF)

- 1 microfarad equivale a 1.000.000 picofarad (1μF = 1.000.000pF)

Acostúmbrese a convertir estas unidades, porque aparecen con mucha frecuencia en los trabajos de electrónica.

CAPACITORES PLANOS

Puede obtenerse una capacidad mucho mayor con una disposición adecuada de los elementos conductores. Con eso, una cantidad mucho mayor de cargas puede almacenarse en un volumen menor, dando así un componente de uso más práctico. Un capacitor básico de placas paralelas se ve en la figura 4.

Consiste de dos placas de material conductor separadas por material aislante denominado dieléctrico. El símbolo usado para representar este tipo de capacitor recuerda mucho su disposición real y se muestra en la misma figura. Hay capacitores con disposiciones diferentes, pero como la estructura básica se mantiene (un aislante entre dos conductores) el símbolo se mantiene por lo general con pocas modificaciones.

Cuando conectamos la estructura indicada a un generador, como se ve en la figura 5, las cargas fluyen hacia las placas de manera que una se vuelva positiva y la otra negativa.

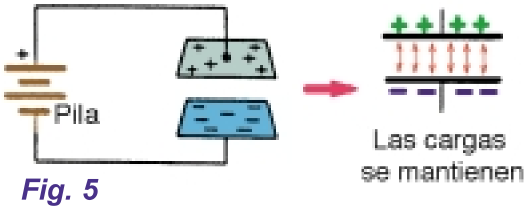


Fig. 5

Se dice que el capacitor tiene una placa (armadura) positiva y otra negativa.

Aun después de desconectar la batería, como se mantienen las cargas, por efecto de la atracción mutua, en las armaduras el capacitor, se dice que éste está "cargado".

Como la carga en Coulombs depende no sólo de la capacidad sino también de la tensión del generador, para calcularla es necesaria la relación:

C = Q/V

Es así que si un capacitor de 100μF (100×10^{-6}) se conecta a un generador de 100 volts, la carga será:

Q = CV (2)

$Q = 100 \times 100 \times 10^{-6}$

$Q = 10.000 \times 10^{-6}$

$Q = 104 \times 10^{-6}$

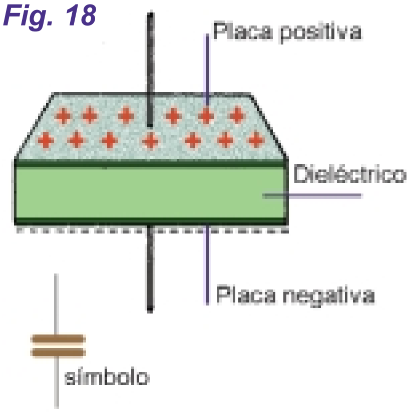
Q = 10-2 = 0,01 Coulomb

Para descargar un capacitor basta interconectar las armaduras mediante un alambre. Las cargas negativas (electrones) de la armadura negativa pueden fluir a la positiva neutralizando así sus cargas.

Vea qe no importa cuál es el capacitor pues la cantidad de cargas de una armadura es igual a la cantidad de cargas de la otra; sólo es diferente la polaridad.

En la descarga, la neutralización es total (Figura 6).

Fig. 18



Para un capacitor plano como el indicado, la capacidad puede calcularse en función de las características físicas, a saber: superficie de las placas, distancia entre ellas y naturaleza del aislante.

Podemos aplicar la fórmula siguiente:

$$C = \varepsilon\, A/d \qquad (3)$$

donde:

C es la capacidad en Farad (F)

d es la distancia entre placas en metros

A es la superficie de las placas en metros cuadrados

ε es una constante que depende de la naturaleza del dieléctrico.

El valor depende del material considerado.

Ese valor puede calcularse mediante la fórmula:

$$\varepsilon = \varepsilon_o \cdot K \qquad (4)$$

donde:

ε_o es la pérmisividad del vació y vale $8{,}85 \times 10^{-12}$ F/m

K es la constante dieléctrica y depende del material usado.

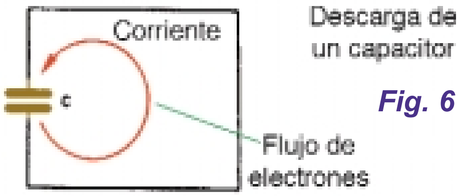


Fig. 6

LA ENERGÍA ALMACENADA EN UN CAPACITOR

Para obligar a una cierta cantidad de cargas a permanecer en un capacitor debemos gastar una cierta cantidad de energía. En realidad esa energía que se gasta para colocar las cargas en el capacitor queda disponible para usarla en el futuro, queda almacenada en el capacitor. Cuando descargamos un capacitor mediante un conductor que presenta cierta resistencia, como muestra la Figura 7, la energía que estaba contenida en el capacitor se disipa en forma de calor.

Puede imaginarse la carga del capacitor con el gráfico de la figura 8. Vea que a medida que va aumentando la cantidad de carga, debemos forzarlas cada vez más y eso implica una elevación de tensión.

El área de la figura hasta el punto en que dejamos de cargar el capacitor, representada por W en la figura corresponde a la energía almacenada en el capacitor. Podemos calcular la energía a partir de dos fórmulas:

$W = 0,5 \times Q \times V$ (5)

o

$\mathbf{W = 0,5 \times C \times V^2}$ **(6)**

Donde:

W es la energía de Joule (J)
Q es la carga en Coulomb (C)
C es la capacidad en Farad (F)
V es la tensión en Volt (V)

Podemos comparar un capacitor cargado a un resorte comprimido. Gastamos energía (potencial) para comprimir el resorte, éste "guarda" esa energía que luego puede usarse para poner en movimiento un mecanismo. Es claro que, según veremos, la cantidad de energía que puede almacenar un capacitor no es grande y entonces su utilidad como fuente de energía es muy restringida, pero este componente tiene otras propiedades que son de gran utilidad en electrónica.

LOS CAPACITORES EN LA PRÁCTICA

A diferencia de la botella de Leyden que nada tenía de práctica por sus dimensiones y propiedades, los capacitores modernos son compactos y eficientes, con volúmenes centenas de veces menores que la antigua botella de Leyden y capacidades miles de veces mayores.

Estos son los capacitores que encontramos en los aparatos eléctrónicos y que pueden variar muchísimo en forma y valor.

Estudiaremos en esta lección lo que sucede cuando conectamos varios capacitores entre sí y los distintos tipos de capacitores que encontramos en la práctica.

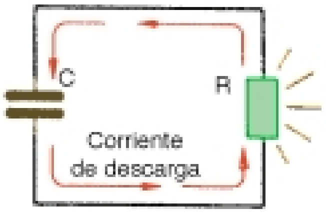


Fig. 7

La energía almacenada se disipa en calor

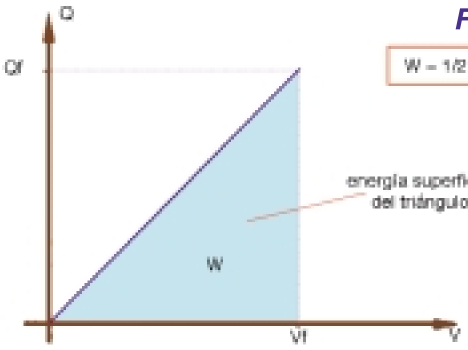


Fig. 8

W = 1/2 . Q . V

ASOCIACIÓN DE CAPACITORES

Podemos obtener un efecto mayor o menor de almacenamiento de cargas, según se asocien distintos capacitores, del mismo modo que obtenemos efectos diferentes de resistencias al asociar resistores.

Los capacitores pueden conectarse en serie o en paralelo.

a) Asociación de capacitores en paralelo

Decimos que dos o más capacitores están asociados en paralelo cuando sus armaduras están conectadas de la manera siguiente: las armaduras positivas están conectadas entre sí para formar la armadura positiva equivalente al capacitor; las armaduras negativas están conectadas entre sí y forman la armadura negativa equivalente al capacitor, según muestra la figura 9. Vea el lector que en esas condiciones los capacitores quedan sometidos todos a la misma tensión (V) cuando se cargan. Las cargas dependen de las capacidades.

La capacidad equivalente en esta asociación está dada por la suma de las capacidades asociadas.

$\mathbf{C = C1 + C2 + C3 + \ldots + Cn}$ **(7)**

Se pueden deducir las siguientes propiedades de la asociación de capacitores en paralelo:

- Todos los capacitores quedan sometidos a la misma tensión.

- El mayor capacitor (el de mayor capacidad) es el que más se carga.

La capacidad equivalente es mayor que la capacidad del mayor capacitor asociado.

b) Asociación de capacitores en serie

En la asociación en serie de capacitores, éstos se conectan como se muestra en la figura 10.

La armadura positiva del primero pasa a ser la armadura positiva del equivalente; la negativa del primero se une a la positiva del segundo; la negativa del segundo da la positiva del tercero y así sucesivamente hasta que la negativa del último queda como la armadura negativa del capacitor equivalente.

Vea que si conectamos de esta manera un conjunto cualquiera de capacitores (aun de valores totalmente diferentes) ocurre un proceso de inducción de cargas, de modo que todas las armaduras queden con las mismas cantidades (figura 11). Según el valor del capacitor (capacidad) la tensión hallada tendrá valores diferentes.

Puede darse la fórmula:

$C1 = Q/V1;\ C2 = Q/V2;\ C3 = Q/V3\ldots$

$\mathbf{Cn = Q/Vn}$

Como la suma de las tensiones de estos capacitores asociados debe ser

Fig. 9

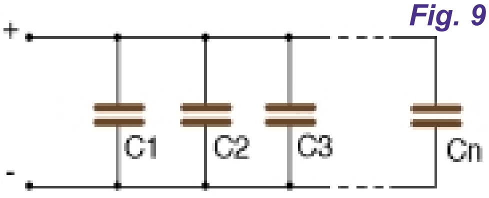


Fig. 10

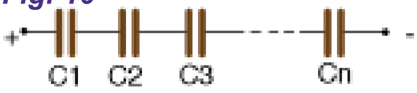
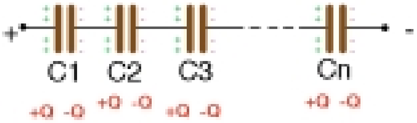


Fig. 11



la tensión en las armaduras del capacitor equivalente; podemos escribir:

$$V = V1 + V2 + V3 + ... + Vn$$

Reemplazando el valor de V en cada una de las expresiones de capacidad:

$$V = Q/C1 + Q/C2 + Q/C3 + ... + Q/Cn$$

Sacando Q como factor común:

$$V = Q\ (1/C1 + 1/C2 + ... + 1/Cn)$$

Dividiendo por Q ambos miembros de la igualdad, tenemos:

$$V/Q = 1/C1 + 1/C2 = + 1/C3$$
$$V/Q = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + ... + 1/Cn$$

Pero:

V/Q es 1/C

Luego:

$$1/C = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + ... + 1/Cn \qquad (8)$$

De esta fórmula podemos deducir las siguientes propiedades de la asociación en serie de capacitores:

-Todos los capacitores quedan con la misma carga.

- El menor capacitor queda sometido a la mayor tensión.

- La capacidad equivalente es menor que la capacidad del menor capacitor asociado.

- Todos los capacitores se cargan y descargan al mismo tiempo.

Conclusión

Dos casos particulares son interesantes en las asociaciones en serie y en paralelo de capacitores.

Cuando los capacitores son iguales, la asociación puede tener la capacidad equivalente calculada con más facilidad por las fórmulas siguientes:

a) Serie: $C = C1/n$

donde

C es la capacidad equivalente.

C1 es el valor de cada uno de los capacitores asociados.

n es el número de capacitores.

b) Paralelo: $C = n \times C1$

donde

C, C1 y n son los del caso anterior.

CAPACITORES DE PAPEL Y ACEITE

En muchos aparatos antiguos, principalmente en radios y televisores de válvulas, pueden encontrarse con el aspecto que se ve en la figura 12. Son capacitores tubulares de papel o aceite (el tipo viene marcado normalmente en el componente). Para fabricar estos capacitores se enrollan alternadamente dos hojas de aluminio que forman el dieléctrico y se coloca entre ellas un aislante que puede ser una tira de papel seco (en el tipo de papel) o de papel embebido en aceite (en el caso de los capacitores de aceite). Esos capacitores, así como los otros, presentan dos especificaciones:

a) La capacidad que se expresa en microfarads (µF), nanofarads (nF) y picofarad (pF) y que puede variar entre 100pF (o,1nf) hasta 1µF.

b) La tensión de trabajo que es la tensión máxima que puede aplicarse entre armaduras sin peligro de que se rompa el dieléctrico. Esta tensión varía, en los tipos comunes, entre 200 y 1.000 volt.

Los capacitores de papel y aceite pueden tener hasta una tolerancia de 10% a 20% y presentan las siguientes características principales:

- Son relativamente chicos en relación a su capacidad.

- Tienen buena aislación a tensiones altas.

- Pueden obtenerse en una banda buena de altas tensiones.

- Su gama de valores es apropiada para la mayoría de las aplicaciones electrónicas.

Vea que la aislación es un problema que merece estudiarse en detalle:

El problema de la aislación

Ningún dieléctrico es perfecto. No existe un aislante perfecto, lo que significa que ningún capacitor puede mantener indefinidamente la carga de sus armaduras. Una resistencia, por grande que sea, deja pasar una cierta corriente y una corriente es un flujo de cargas que acaba por descargar el capacitor. Un capacitor que tenga una resistencia por debajo de los límites tolerados en las aplicaciones prácticas se dice que tiene una ***"fuga".***

Volviendo a los capacitores de papel y aceite, éstos se usan en los circuitos de bajas frecuencias y corrientes continuas.

CAPACITORES DE POLIÉSTER Y POLICARBONATO

El poliéster y el policarbonato son termoplásticos que presentan excelentes propiedades aislantes y buena constante dieléctrica, por lo que sirven para la fabricación de capacitores. En la figura 13 tenemos algunos tipos de capacitores hechos con esos materiales y que pueden ser planos o tubulares.

En el tipo plano, las armaduras se depositan en las caras de una película de dieléctrico, entonces se obtiene una estructura que recuerda la asociación de muchas capas de capacitores planos. En la disposición tubular, un filme de poliéster o de policarbonato tiene en sus caras depositada una fina capa de conductor (aluminio) que hace las veces de dieléctrico. Las especificaciones fundamentales de estos capacitores son:

a) Gama de capacidades comprendida entre 1nF y 2,2µF o más.

b) Banda de tensiones de trabajo entre 100 y 600 volt.

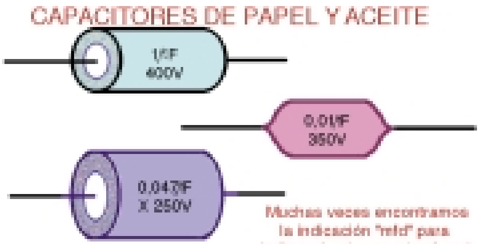
c) Tolerancia de 5%, 10% y 20%.

Otras características de interés son:

- Buena gama de valores en dimensiones reducidas del elemento en relación a la capacidad.

- Gama de tensiones elevadas.

- aislación muy buena, común-



Muchas veces encontramos la indicación "mfd" para indicar el valor en microfarad.

Fig. 12

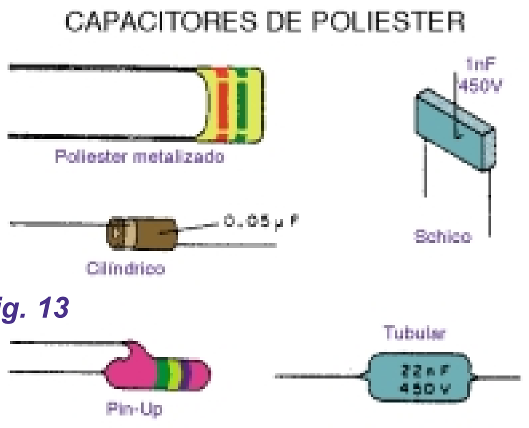


Fig. 13

mente por arriba de 20.000MΩ.

- Banda de tolerancias según las aplicaciones prácticas en electrónica.

Los capacitores de poliéster y policarbonato pueden usarse en circuitos de bajas frecuencias, corrientes continuas y aplicaciones generales.

CAPACITORES DE POLIESTIRENO

El poliestireno también es un termoplástico que tiene excelentes propiedades aislantes, que puede aparecer con nombres diversos según el fabricante, como: STYRON, LUSTREX, REXOLITE, POLYPENCO.

En la figura 14 vemos el aspecto de estos capacitores.

Estos capacitores pueden tener estructura plana o tubular. Las especificaciones básicas son:

a) Capacidad entre 10pF y 10nF.

b) Tensiones entre 30 y 500 volt.

c) Tolerancias entre 2,5% y 10%.

Otras características importantes de estos capacitores son:

- Tamaño reducido en relación a la capacidad.

- Buena estabilidad térmica.

- Tensiones de trabajo altas.

- Tolerancia baja (2,5%).

- Aislación muy alta: normalmente por arriba de 100.000 MΩ.

- Adecuados para operar en circuitos de altas frecuencias.

Estos capacitores son especialmente indicados para los circuitos de RF (radiofrecuencia) y aplicaciones que exijan alta estabilidad.

CAPACITORES CERÁMICOS

La cerámica presenta excelentes propiedades dieléctricas, pero no puede enrollarse ni doblarse como los aislantes plásticos. Pero aun así tenemos una buena variedad de capacitores cerámicos, como se ve en la figura 15.

Las especificaciones de estos capacitores son las siguientes:

a) capacidades en la gama de 0,5pF hasta 470nF,

b) banda de tensiones de operación desde 3V hasta 3.000V o más,

c) tolerancias entre 1% y 5,0%.

Otras características de importancia son:

- Relativamente chicos en relación a la capacidad.

- Banda relativamente amplia de tenciones de trabajo.

- Son adecuados para operar en circuitos de altas frecuencias.

- Banda de tolerancia buena para aplicaciones que exigen precisión.

Estos capacitores son de los más utilizados en las aplicaciones prácticas de electrónica y se los encuentra en los circuitos de altas frecuencias, audio y también de corriente continua.

CAPACITORES ELECTROLÍTICOS

Los capacitores electrolíticos o electrolíticos de aluminio son, de todos, los que tienen una técnica de construcción muy diferente y es por eso que se los encuentra en una gama de valores muy determinada. En la figura 16 tenemos la construcción interna típica de un electrolítico de aluminio con fines didácticos.

En contacto con una sustancia electrolítica, el aluminio es atacado y se forma en su superficie una película aislante. Este material presenta una constante dieléctrica muy alta, pero su espesor es de sólo milésimos de milímetro, lo que garantiza la obtención de capacidades muy elevadas.

Los electrolíticos tienen una característica más en relación a los otros capacitores: la armadura positiva debe cargarse siempre con cargas de ese signo. Si hubiera inversión de las armaduras, podría destruirse la película dieléctrica y quedar inutilizado el capacitor.

Las principales características son:

a) Capacidades en la gama de 1µF a 220.000µF.

b) Tensiones de trabajo entre 12 y 1.000V.

c) Tolerancia entre -20% y +50% comúnmente.

En la figura 17 vemos algunos tipos comunes de capacitores electrolíticos, obsérvese su polaridad. Otras características importantes de estos capacitores son:

- Tamaño pequeño en relación a la capacidad alta.

- Banda de capacidades que llega a valores muy altos.

- La corriente de fuga es relativamente alta o sea que la aislación no es excelente.

- Son polarizados (debe respetarse

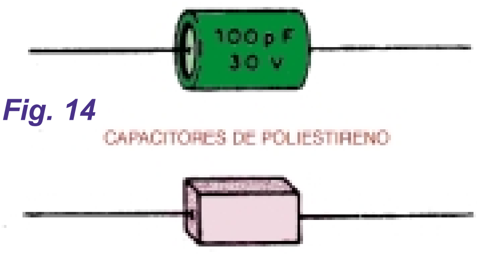


Fig. 14

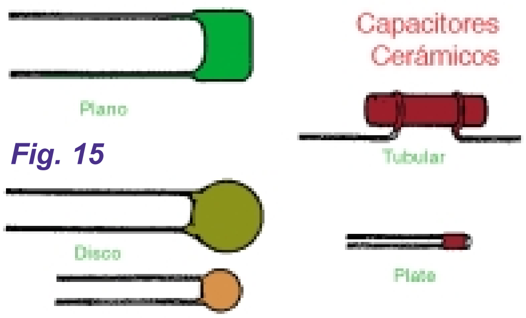


Fig. 15

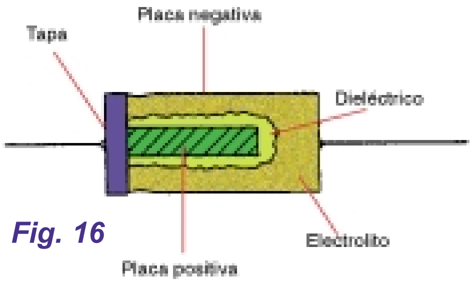


Fig. 16

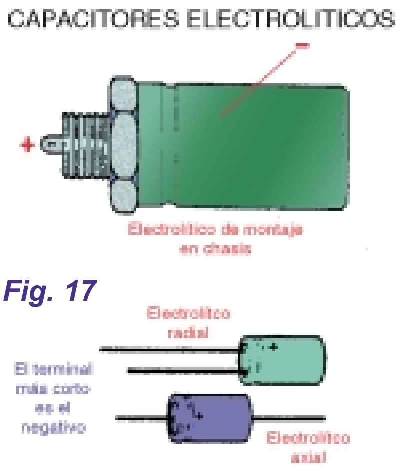

CAPACITORES ELECTROLITICOS
-
+
Electrolítico de montaje en chasis
Electrolítico radial
El terminal más corto es el negativo
Electrolítico axial

Fig. 17

la polaridad de la placa o armadura).

- La capacidad aumenta a medida que el capacitor envejece.

- Tiene una duración limitada.

- La capacidad varía ligeramente con la tensión.

Los capacitores electrolíticos no se usan en circuitos de altas frecuencias; se usan en circuitos de frecuencias bajas, uso general y corriente continua.

CAPACITORES VARIABLES Y AJUSTABLES

En determinadas aplicaciones, necesitamos disponer de capacitores cuya capacidad pueda ser alterada en una cierta franja de valores, por motivos diversos. Podemos dar el ejemplo de un proyecto en el que el funcionamiento, por ser crítico, no nos permite establecer con exactitud cuál es la capacidad que necesitamos para llevar el circuito al comportamiento deseado. Podemos calcular con cierta aproximación el valor de esta capacidad y después ajustar su valor para tener el comportamiento deseado. En este caso precisamos un capacitor ajustable o regulable. Otra aplicación es el caso en que durante el funcionamiento del aparato debemos cambiar la capacidad de un capacitor para que cambie el comportamiento según nuestras necesidades. Es el caso en el que debemos usar un capacitor variable, como en la sintonía de un aparato de radio para cambiar de estación en el momento querido. Separamos entonces los capacitores que pueden cambiar de valor según nuestra voluntad en 2 grupos.

a) Los capacitores regulables, en los que prácticamente sólo alteramos la capacidad una vez, para llegar al punto deseado de funcionamiento y dejarlo después de esta manera, indefinidamente.

b) Los capacitores variables en los que alteramos continuamente la capacidad, siempre que deseamos alterar el funcionamiento del circuito.

Capacitores regulables

Tal como estudiamos, la capacidad presentada por un capacitor depende de algunos factores.

a) Tamaño de las placas (área).

b) Separación entre las placas.

c) Existencia o no de un material entre las placas (dieléctrico). Vea la figura 18.

Podemos variar la capacidad de un capacitor si alteramos cualquiera de esos factores, pero por cierto existen algunos en los que esa tarea resulta más fácil. En el caso de los capacitores ajustables o regulables, podemos variar la capacidad para modificar dos de esos factores, según el tipo de componente. El tipo más común de capacitor ajustable es el "trimmer" de base de porcelana, que tiene la construcción que se muestra en la figura 19. En este "trimmer" tenemos una base de porcelana en la que están montadas dos placas (armaduras), una de las cuales es fija y la otra móvil. El dieléctrico es una fina hoja de plástico o mica, colocada entre las armaduras.

Un tornillo permite el movimiento de la armadura móvil, para que se aproxime o aleje de la armadura fija.

Con la aproximación (menor distancia) tenemos una capacidad mayor y con el alejamiento (distancia mayor) tenemos una capacidad menor, estos capacitores permiten variaciones de capacidad en una proporción de 10:1. Es común tener un capacitor de este tipo en que la capacidad mínima obtenida es de 2pF y la máxima de 20pF, al pasar de la posición del tornillo totalmente flojo (desatornillado - alejamiento máximo) a la de fuertemente apretado (alejamiento mínimo). Los trimmers resultan especificados por la banda de capacidades en que se encuentran. Un trimmer 2-20pF es un trimmer en el que podemos variar la capacidad entre esos dos valores. Un problema que hay que analizar en este tipo de capacitor es que el ajuste excesivo del tornillo o también problemas mecánicos, no permiten una precisión de ajuste muy grande, lo que lleva a que se usen en casos menos críticos. Para los casos más críticos existen trimmers de precisión.

Dónde usar los trimmers

Existen casos en los que necesitamos regular el punto de funcionamiento de un circuito después de haberlo montado, sin que sea posible establecer la capacidad exacta que debemos usar, con antelación, como para poder usar un capacitor fijo. Normalmente los trimmers aparecen en los circuitos que operan en frecuencias elevadas, como receptores y transmisores, en los que es preciso hacer un ajuste del punto de funcionamiento de circuitos que determinan la frecuencia de operación. Encontramos los trimmers en los siguientes tipos de aparato:

Radio, Transceptores, Transmisores, Generadores de señales, Osciladores de alta frecuencia

Tensión de trabajo

Del mismo modo que los capacitores fijos, los trimmers también tienen limitaciones en relación a la tensión máxima que puede existir entre sus armaduras. Tensiones mayores que las especificadas por los fabricantes pue-

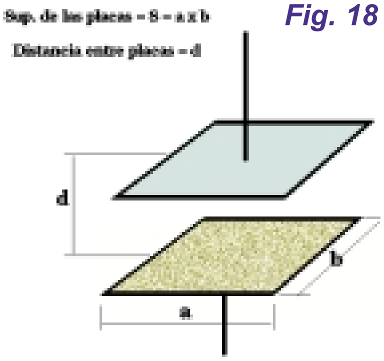


Fig. 18

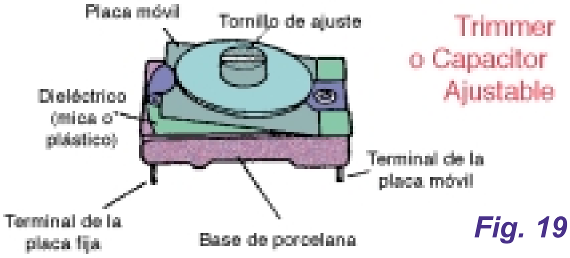

Placa móvil
Tornillo de ajuste
Trimmer o Capacitor Ajustable
Dieléctrico (mica o plástico)
Terminal de la placa móvil
Terminal de la placa fija
Base de porcelana

Fig. 19

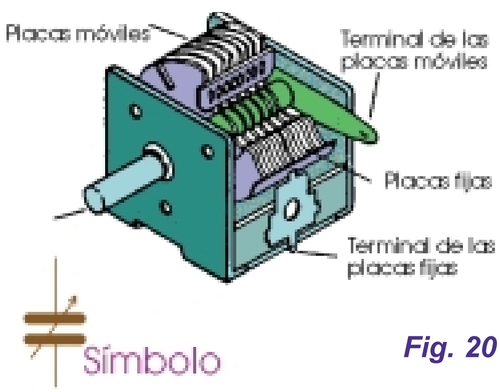


Fig. 20

den causar la ruptura del material usado como dieléctrico y así inutilizar el componente.

Capacitores variables

El principio de funcionamiento de los capacitores variables es el mismo que el de los trimmers. La diferencia está en el hecho de tener un acceso más fácil al conjunto de placas móviles de modo que alteramos la capacidad en cualquier momento. En la figura 20 tenemos un capacitor variable común, del tipo denominado "con dieléctrico de aire", pues ningún aislante especial existe entre las placas del conjunto móvil y fijo.

El conjunto de placas móviles se acciona mediane un eje, para penetrar en el conjunto de placas fijas en forma recta.

A medida que el conjunto de placas penetra en la parte fija, aumenta la superficie efectiva y con eso la capacidad presentada por el componente. Con el capacitor abierto, es decir, las placas móviles fuera de las placas fijas, el capacitor tiene una capacidad mínima. Con el capacitor cerrado, tenemos la capacidad máxima.

Las dimensiones de las placas fijas y móviles, además de su cantidad y separación, determinan la variación de capacidad que se puede obtener: teóricamente, la variación debiera estar entre 0 y un cierto valor máximo dado por la cantidad de placas y otros factores. Y con las placas todas abiertas (armadura móvil) todavía con un efecto residual se manifiesta una cierta capacidad.

Esta capacidad se denomina residual y está especificada en los manuales de los fabricantes.

Banda de valores

Básicamente, los capacitores variables se encuentran en dos franjas de valores determinadas por las aplicaciones más comunes. Tenemos las variables de mayor capacidad que pueden tener valores máximos entre 150pF y 410pF y que se usan en radios de ondas medias y cortas, o transmisores para la misma banda. En ellos, tenemos conjuntos de 10 a 20 placas que forman las armaduras. Para la banda de FM los variables son de capacidad mucho menor, normalmente con máximos inferiores a 50pF, éstos están formados por un número mucho menor de placas.

Por qué aparecieron los *Transistores*

El transistor es el elemento más importante de los dispositivos semiconductores, pues es el "ladrillo" con el que se construye el edificio de la tecnología electrónica moderna.

COMIENZA LA REVOLUCIÓN DIGITAL

Intel es la empresa que fabricó por primera vez un microprocesador, una pastilla de circuito integrado que contiene todos los elementos necesarios para realizar los complejos cálculos numéricos y lógicos que se ejecutan en una computadora. Nos referimos al ya legendario 4004, un microprocesador con apenas 2.300 transistores, pero con la misma capacidad de cómputo que la ENIAC, la primera computadora (1947), la cual contenía unas 18 mil válvulas, ocupaba una habitación entera para albergar sus gigantescas proporciones y pesaba 30 toneladas. Pero los microprocesadores no son sino un eco o resultado de otro invento sobre el que en última instancia se fundamenta la revolución digital: el transistor.

Hace más de 50 años, el 23 de diciembre de 1947, científicos de los Laboratorios Bell demostraron que un dispositivo construido con base en materiales sólidos, podía comportarse de forma prácticamente idéntica a las válvulas de vacío, pero sin sus inconvenientes.

Por su descubrimiento, ***William Shockley, John Bardeen y Walter Brattain*** fueron acreedores al Premio Nobel de Física en 1956.

EN EL PRINCIPIO FUE LA VÁLVULA DE VACÍO

El transistor desplazó a otro gran dispositivo, en el que descansó por décadas la incipiente tecnología electrónica: la válvula triodo, inventada en 1906 por ***Lee De Forest***, quien a su vez se apoyó en la válvula diodo, inventada en 1905 por John A. Fleming, que se basó en un fenómeno (el efecto Edison) descubierto por Tomas A. Edison durante las investigaciones que lo llevaron a inventar la bombilla incandescente.

Lee de Forest encontró que una rejilla de alambre electrificada originaba un flujo de electrones cuando se la colocaba dentro de un tubo o válvula de vacío.

Dicho flujo podía ser controlado de distintas maneras: se le podía interrumpir, reducir o incluso detener por completo; así por ejemplo, una muy baja corriente de electrones en la entrada del tubo llegaba a ser amplificada por éste, a fin de producir una intensa corriente en la salida, por lo que este dispositivo fue utilizado en televisores, radios y en cualquier otro equipo electrónico en el que se requiriera aumentar el nivel de una señal de entrada.

Con todo este potencial en el control de la electricidad, el hombre pudo manejar señales electrónicas y así surgieron y se desarrollaron nuevas formas de comunicación como la radio y la televisión, y nuevos avances tecnológicos, como el radar y las primeras computadoras.

SURGE EL TRANSISTOR

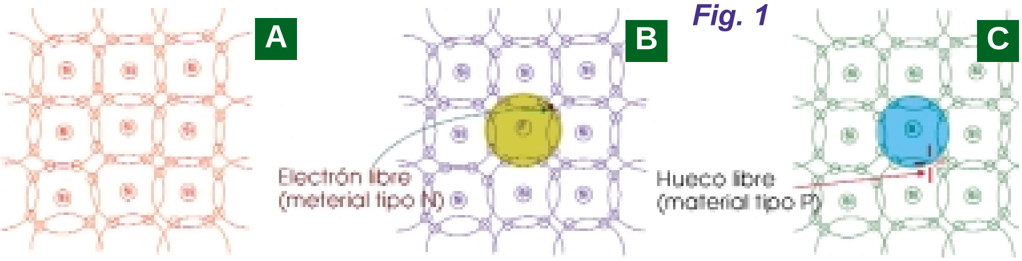


Fig. 1

El primer transistor fue construido en una base plástica en forma de C, en la cual se montaron dos piezas de un elemento por entonces no muy conocido, el germanio, sostenidas por un resorte elaborado a último momento con un clip de oficina. De los terminales de esta estructura salían delgados hilos de oro, que hacían las veces de conectores para la entrada y salida de señales. Con este dispositivo los investigadores pudieron amplificar señales de igual forma como lo hubieran hecho con una válvula triodo; y no había necesidad de una envoltura de cristal al vacío, de filamentos incandescentes o de elevadas tensiones de operación.

En efecto, el transistor (llamado así debido a que transfiere la señal eléctrica a través de un resistor) pudo realizar las mismas funciones del tubo al vacío, pero con notorias ventajas: no sólo sustituyó el complejo y delicado tubo por un sencillo montaje que consiste básicamente en un conjunto de finos alambres ***bigotes de gato*** **,** acoplado en un pequeño cristal semiconductor, sino que hizo innecesaria la condición de vacío. Además, no requería de previo calentamiento para empezar a funcionar, ni de un gran volumen para su encapsulado; su estructura fija hacía de él un dispositivo más confiable y duradero; y su consumo de energía era insignificante.

La conducción de electricidad en un sólido depende del grado de libertad de sus electrones.

Los conductores son materiales que poseen uno o dos electrones en la capa externa de los átomos que lo forman.

Los llamados "aislantes" son elementos que, como en el caso del azufre, por tener sus electrones contenidos en estrechos enlaces con los núcleos y con otros átomos, no conducen electricidad.

Pero existe un tercer tipo de materiales que no se comporta ni como conductores ni como aislantes puros: los semiconductores; esporádicamente, éstos proporcionan un electrón libre o un espacio hueco para permitir la conducción de la corriente. Entre los semiconductores más comunes pueden mencionarse el silicio y el germanio, que tienen aproximadamente un electrón libre por cada mil átomos; esto contrasta con el cobre, que suministra un electrón por cada átomo.

Una investigación específica sobre las propiedades eléctricas de los semiconductores, fue lo que condujo al desarrollo del transistor. Con el propósito de apreciar el comportamiento eléctrico de una de estas sustancias, veamos la figura 1A.

Podemos observar un cristal de germanio (o silicio) que tiene en su capa externa cuatro electrones, llamados "electrones de valencia", que en conjunto enlazan a los átomos. Precisamente, como todos los electrones se encuentran ocupados en unir a los átomos, no están disponibles para generar electricidad.

Supongamos que alguna impureza con cinco electrones en la órbita de valencia entra al cristal (fósforo). Esto provoca que cuatro de los electrones formen enlaces con los átomos de germanio, pero el quinto queda libre para conducir la corriente (figura 1B). Otro caso similar muy interesante, es el del átomo de boro introducido en el cristal de germanio (figura 1C). El átomo de boro es una impureza con tres electrones de valencia.

Aquí, uno de los puntos necesarios para la unión con los átomos de germanio está ausente; se crea entonces un estado de desequilibrio, donde alguno de los átomos de la estructura tan sólo cuenta con siete electrones, lo que deja un espacio libre que puede ser llenado con un electrón viajero. Por consecuencia, la falta de un electrón (a la que se considera una entidad física y se le denomina "hueco") posee todas las propiedades de esta partícula; es decir, tiene masa y carga; aunque, como está ausente, su carga es positiva en vez de negativa.

De acuerdo con este comportamiento, se pudo establecer que un cristal semiconductor es capaz de conducir electricidad cuando se da la presencia de impurezas. Con base en ello, fue diseñado un método de control de electrones o huecos en un cristal, que los científicos de los laboratorios Bell consideraron en el invento del transistor. Dependiendo del tipo de impurezas introducidas en el cristal, existen dos tipos de material: el material ***tipo N*** o negativo y el material ***tipo P*** o positivo. Estos materiales se combinan entre sí para construir diversos tipos de dispositivos, el más común de todos ellos es el transistor bipolar, cuya operación explicaremos a continuación.

PRINCIPIO DE OPERACIÓN DE UN TRANSISTOR

A los transistores con las características citadas se les denomina "bipolares" y su estructura interna es como se muestra en la figura 2A. Note que se forma con tres capas alternadas de material semiconductor: una N, otra P y finalmente otra N (es por ello que se les llama NPN). Observe también que al terminal conectado en la parte superior del dispositivo se le denomina "colector", a la capa intermedia "base" y a la inferior "emisor". Veamos cómo funciona el conjunto.

En primer lugar, para que un transistor funcione tiene que estar polarizado en cierta forma; en el caso que nos ocupa (transistor NPN), esta polarización implica un voltaje positivo aplicado entre colector y emisor y una alimentación positiva de pequeña magnitud entre base y emisor (figura 2B). Cuando esto sucede y la polarización de base es inferior a la tensión de ruptura del diodo formado entre base y emisor, la tensión entre colector y emisor forma un campo eléctrico considerable en el interior del dispositivo; pero como se enfrenta a una estructura semejante a un diodo invertido, no puede haber un flujo de corriente entre el colector y el

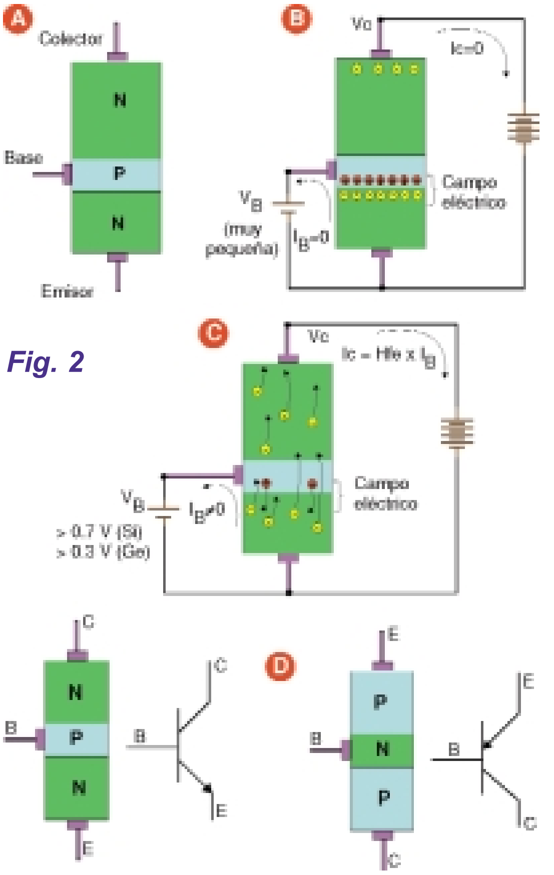


Fig. 2

emisor. Sin embargo, se tiene una condición tal de excitación de los electrones y huecos en el dispositivo, que bastaría con cualquier impulso externo para que el conjunto entrara en conducción.

Este impulso proviene justamente de la corriente aplicada en la base, misma que se dispara al momento en que la tensión aplicada en la base supera el punto de ruptura antes mencionado; entonces, la corriente que circula entre base y emisor provoca una avalancha de electrones entre colector y emisor. Pero esta avalancha no es desordenada, sino que depende muy estrechamente de la cantidad de electrones que circulen a través de la base (figura 2C); de hecho, una de las características principales de un transistor es un ***factor de ganancia de corriente***, el cual indica cuántas veces será amplificada la corriente de la base en el colector. A los fines prácticos, esto significa que el transistor amplifica por un factor Hfe la corriente de su entrada.

La estructura NPN no es la única que se ha desarrollado, sino que también existen transistores con una ***lógica negativa***; esto es, formados por capas alternas de material P, N y P. El comportamiento de tales dispositivos resulta prácticamente idéntico al anterior, sólo varía el sentido de las tensiones de polarización aplicadas en los terminales. Vea en la figura 4D la simbología con que se identifica a los transistores bipolares tipo NPN y PNP.

TRANSISTORES CONTENIDOS EN OBLEAS DE SILICIO

Ya desde fines de los 50 se advertía que la miniaturización de los transistores podía alcanzar niveles extraordinarios. Precisamente, en 1958 en los laboratorios ***Fairchild*** por primera vez se logró algo que parecía imposible: en la superficie de un bloque de silicio se grabaron varios dispositivos a la vez, conectados entre sí para realizar un trabajo en conjunto, y se introdujo este cristal semiconductor en un encapsulado único, de tal manera que se podía manejar como un bloque funcional. Fue así como nacieron los circuitos integrados, siguiente paso en la evolución de la tecnología electrónica.

Más adelante, las técnicas de fabricación de cristales de silicio mejoraron, la producción de máscaras de grabado se depuró y se desarrollaron nuevos e ingeniosos métodos para el dopado de los materiales semiconductores.

Fue posible, entonces, fabricar circuitos integrados mediante un proceso de fotograbado, en el que se tiene una delgada oblea de silicio sobre la cual se proyectan las sombras de unas máscaras donde vienen grabadas las delgadas pistas que posteriormente se convertirán en las terminales de los transistores.

Utilizando métodos fotoquímicos se aprovechan las sombras para ***sembrar*** impurezas en el sustrato semiconductor, y al ir apilando capas alternativas de cristales tipo N y tipo P, finalmente se obtiene una amplia variedad de dispositivos, que pueden ir desde diodos hasta transistores de efecto de campo. Gracias a ello, el transistor pudo ser reducido hasta alcanzar la dimensión de unas cuantas micras, es decir, una milésima de milímetro.

Cabe hacer la aclaración de que, para que estos circuitos sean capaces de realizar cálculos matemáticos complejos en fracciones de segundo, se aprovecha una característica muy especial de los transistores: su capacidad de funcionar como llaves o interruptores de corriente o tensión; esto es, un transistor puede presentar dos estados básicos: uno de conducción y otro de no conducción. A esta aplicación de los transistores se le denomina ***electrónica digital***.

SURGEN LOS MICROPROCESADORES

Intel es la empresa pionera en la fabricación de microprocesadores. Fue fundada en 1968 por Gordon E. Moore, Andrew Grove y Ted Hoff, quienes previamente habían trabajado para IBM y/o Fairchild y, por lo tanto, tenían experiencia en la fabricación en serie de circuitos integrados, lo que les permitió manufacturar los primeros *chips* de memoria RAM. En 1970, una firma japonesa fabricante de calculadoras electrónicas (Busicom) los contactó para que desarrollaran trece nuevos circuitos integrados que serían el corazón de su nueva línea de modelos.

Enfrentados a este compromiso, los ingenieros de Intel advirtieron que no tendrían el tiempo suficiente para desarrollar los trece circuitos individuales; pero a dos de sus fundadores e investigadores más brillantes (Ted Hoff y Gordon E. Moore), se les ocurrió la idea de crear un núcleo común que sirviera a los trece modelos por igual; y los pequeños cambios que atendieran a las particularidades de cada modelo se grabarían en una memoria ROM independiente, en forma de un programa de instrucciones.

Este circuito de propósito general fue el primer microprocesador de la historia; mas los derechos de comercialización no pertenecían a Intel, pues todo el diseño se había hecho por encargo de Busicom. Sin embargo, la fortuna le fue favorable a Intel, ya que en poco tiempo Busicom se vio en serias dificultades financieras y le vendió los derechos de explotación comercial del circuito que había salido de sus laboratorios. Surge así, en 1971, el primer microprocesador de venta al público: el Intel 4004, un dispositivo que podía manejar palabras de 4 bits de longitud y que estaba construido a partir de un circuito integrado de 2.300 transistores.

Agrupar millones de transistores bipolares en un pequeño bloque de silicio que apenas rebasa el área de una uña, requirió de profundas investigaciones en el ámbito de los semiconductores.

FAMILIAS MOS Y MOSFET

Los transistores que se utilizan en la construcción de circuitos integrados extremadamente complejos, como microprocesadores o bloques de memoria, son del tipo semiconductor metal óxido o MOS (figura 3). Estos transistores tienen dos regiones principales: la fuente (*source*) y el drenado (*drain*); como en este último hay electrones en abundancia, se dice que los transistores son también del tipo N. Entre la fuente y el drenado se encuentra una región del tipo P en la que faltan muchos electrones; como ya se dijo, a estas regiones se les llama "huecos".

En su parte superior, el sustrato de silicio tiene una capa de dióxido de silicio aislante; a su vez, la parte superior es un metal que corresponde a la compuerta (*gate*). Precisamente, de la anterior combinación de un metal con un óxido se deriva el nombre de ***semiconductor metal óxido***. Cuando un voltaje positivo es aplicado en la compuerta de metal, se produce un campo eléctrico que penetra a través del aislante hasta el sustrato. Este campo atrae electrones hacia la superficie del sustrato, justo debajo del aislante, que permite que la corriente fluya entre la fuente y el drenado. Dependiendo de la magnitud de la tensión aplicada en la compuerta, menor o mayor será el "canal" conductor que se abra entre drenaje y fuente, de modo que tendremos un comportamiento idéntico al de un transistor tradicional, pero con la diferencia de que ahora la corriente de salida es controlada por voltaje, no por corriente.

La estructura tan sencilla de este tipo de transistores permitió fabricar, mediante avanzadas técnicas fotoquímicas y el uso de dispositivos ópticos muy sofisticados, transistores de dimensiones francamente inconcebibles. En el mundo de los microprocesadores circula casi como un acto de fe, un principio que hasta la fecha se ha cumplido casi puntualmente: la ley de Moore, según la cual cada aproximadamente 18 meses los circuitos integrados duplican la cantidad de transistores que utilizan, al tiempo que también multiplican por 2 su potencia de cómputo.

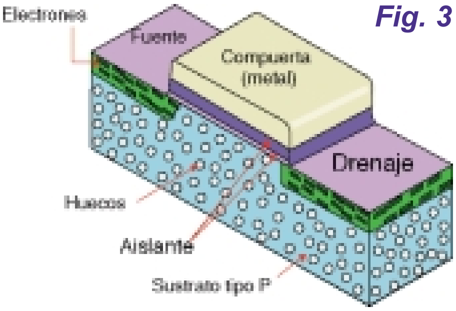
TRANSISTORES DE ALTAS POTENCIAS

Otra vertiente en el desarrollo de los transistores, paralela a la miniaturización, ha sido el manejo y control de grandes magnitudes de energía. Para ello, se diseñaron transistores y, en general, semiconductores de switcheo que son capaces de manejar elevadas potencias.

Los transistores de este nuevo tipo, llamados ***transistores bipolares*** de compuerta aislada" (IGBT), son del tamaño de una estampilla postal y pueden agruparse para manejar incluso 1.000 ampere de corriente en rangos de hasta varios miles de volts. Lo más importante, sin embargo, es que los dispositivos ***IGBT's*** pueden conmutar esas corrientes con una gran velocidad.

FUTURO DEL TRANSISTOR

Fig. 3



Los transistores se han producido en tales cantidades hasta la fecha, que resultan muy pequeños y baratos; a pesar de ello, son varias las limitaciones físicas que han tenido que superarse para que el tamaño de estos dispositivos continúe reduciéndose.

Asimismo, puesto que la tarea de interconectar elementos cada vez más diminutos puede volverse prácticamente imposible, los investigadores deben considerar también el tamaño del circuito. Si los transistores se someten a fuertes campos eléctricos, éstos pueden afectar en varias formas el movimiento de los electrones y producir lo que se conoce como efectos cuánticos.

En el futuro, el tamaño de los transistores puede ser de tan sólo algunos cientos de angstrom (1 angstrom = una diezmilésima de micra); por esto mismo, la presencia o ausencia de algunos átomos, así como su comportamiento, será de mayor importancia.

Al disminuirse el tamaño, se incrementa la densidad de transistores en un *chip*; entonces éste aumenta la cantidad de calor residual despedido. Además, tomando en cuenta que por su reducido tamaño los elementos del circuito pueden quedar por debajo del rango en que se desenvuelve la longitud de onda de las formas de radiación más comunes, existen métodos de manufactura en riesgo de alcanzar sus máximos límites. Finalmente, podemos señalar que la revolución continúa y que, tal como ha sucedido en los últimos 50 años, seguiremos viendo progresos

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo, Carlos García Quiroz y Leopoldo Parra Reynada.

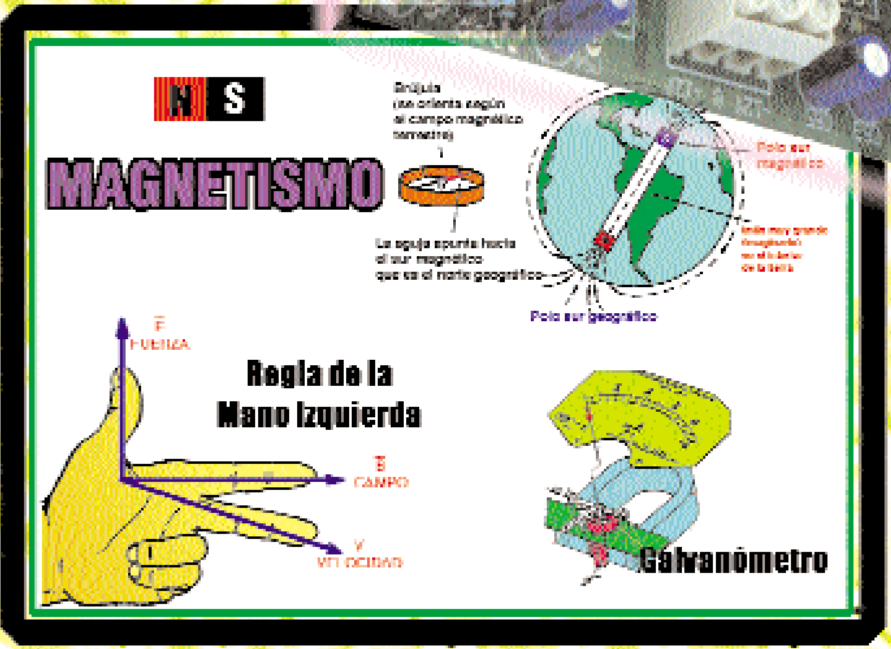
Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

ahora insospechados. ***********

5

El Mundo de la
Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO


N S
MAGNETISMO
Brújula (se orienta según el campo magnético terrestre)
Polo sur magnético
Imán muy grande (imaginario) en el interior de la tierra
La aguja apunta hacia el sur magnético que es el norte geográfico
Polo sur geográfico
F FUERZA
Regla de la Mano Izquierda
B CAMPO
V VELOCIDAD
Galvanómetro

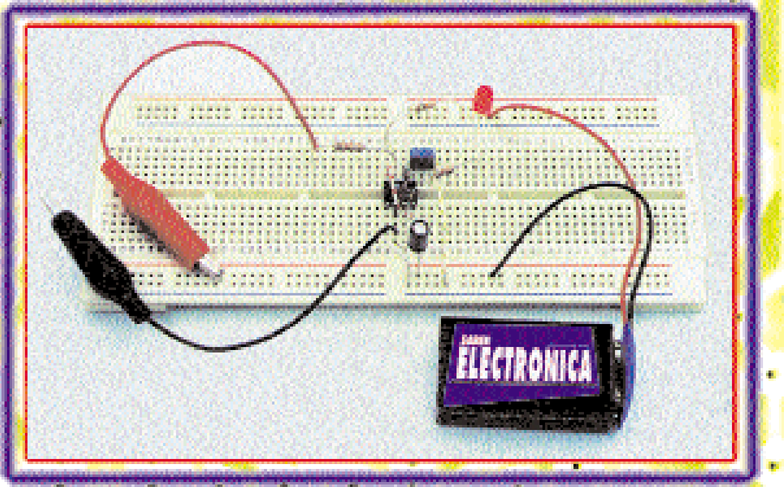
ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

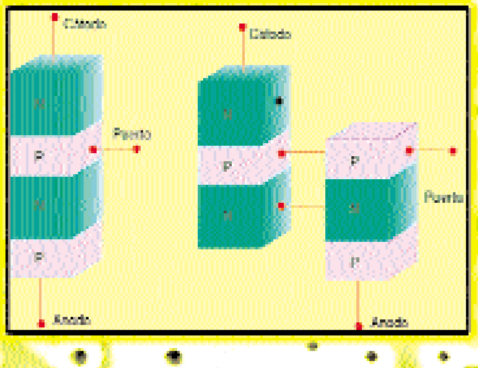
REP. ARG.

EDICION ESPECIAL: 3005

LOS COMPONENTES
EN CORRIENTE ALTERNA


SABER ELECTRONICA

TIRISTORES


Cátodo
N
P
Puerta
N
P
Ánodo
Cátodo
N
P
N
P
N
P
Puerta
Ánodo

MICROPROCESADORES

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 5

MAGNETISMO E INDUCTANCIA MAGNETICA

El efecto magnético....67
Campo eléctrico y campo magnético....67
Propiedades magnéticas de la materia....69
Cálculos con fuerzas magnéticas....69
Dispositivos electromagnéticos....70
Electroimanes y solenoides....70
Relés y Reed-relés....70
Los galvanómetros....71
Los inductores....71

LOS COMPONENTES DE CORRIENTE ALTERNA

Corriente continua y corriente alterna....72
Representación gráfica de la corriente alterna....75
Reactancia....75
Reactancia capacitiva....76
Fase en el circuito capacitivo....77
Reactancia inductiva....77
Fase en el circuito inductivo....78
¿Qué es una señal?....78

TIRISTORES Y OTROS DISPOSITIVOS DE DISPARO

Los tiristores....78
Rectificador controlado de silicio....78
Interruptor controlado de silicio....79
FotoSCR....79
Diodo de cuatro capas....79
SUS, TRIAC, DIAC, SBS, SIDAC, UJT....80

Cupón Nº 5
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 5

Magnetismo e Inductancia Magnética

El Efecto Magnético

Un profesor dinamarqués de la escuela secundaria llamado Hans Chistian Oersted observó que colocando una aguja imantada cerca de un alambre conductor, cuando se establecía la corriente en el conductor, la aguja se desplazaba hacia una posición perpendicular al alambre, como se muestra en la figura 1. Como seguramente sabrán los lectores, las agujas imantadas procuran adoptar una posición determinada según el campo magnético terrestre, dando origen a la brújula (figura 2).

Fig. 1

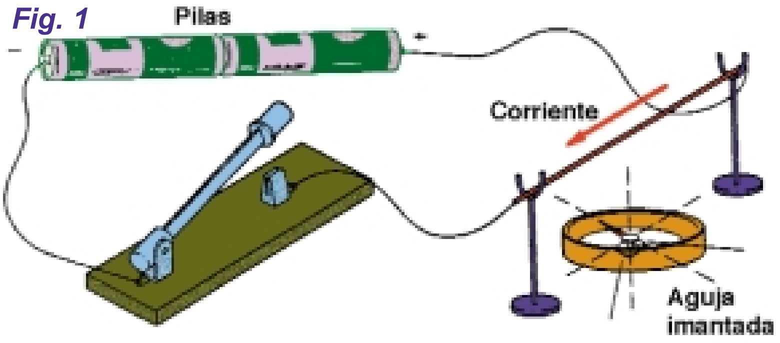
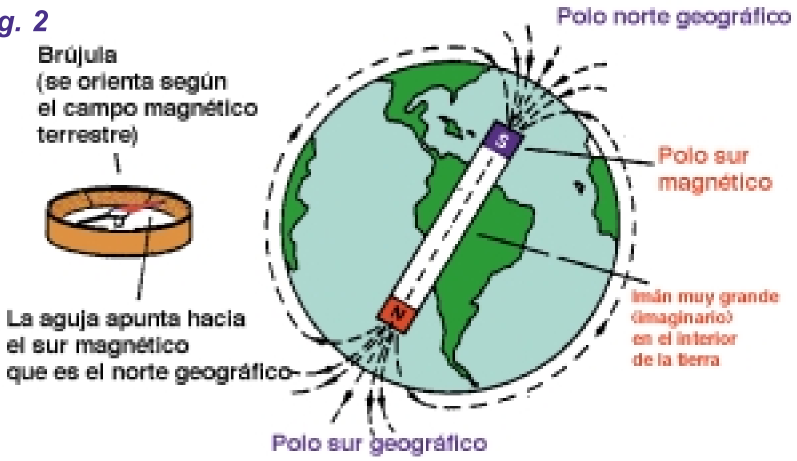

Pilas
-
+
Corriente
Aguja imantada

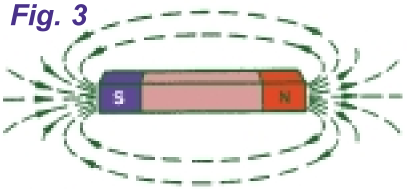
Fig. 2


Polo norte geográfico
Brújula (se orienta según el campo magnético terrestre)
S
Polo sur magnético
Imán muy grande (imaginario) en el interior de la tierra
N
La aguja apunta hacia el sur magnético que es el norte geográfico
Polo sur geográfico

El movimiento de la aguja imantada sólo revelaba que las corrientes eléctricas producen campos magnéticos y también facilitaba el establecimiento exacto de la orientación de este campo, o sea su modo de acción. Como en el caso de los campos eléctricos, podemos representar los campos magnéticos por líneas de fuerza. En un imán, como se muestra en la figura 3, esas líneas salen del polo norte (N) y llegan al polo sur (S).

Para la corriente eléctrica que fluye en el conductor, verificamos que las líneas de fuerza lo rodean, tal como muestra la figura 4. Representando con una flecha la corriente que fluye del positivo hacia el negativo, tenemos una regla que permite determinar cómo se manifiesta el campo. Con la flecha entrando en la hoja (corriente entrando) las líneas son concéntricas, con orientación en el sentido horario (sentido de las agujas del reloj). Para la corriente saliente, las líneas se orientan en el sentido antihorario (figura 5). El hecho importante es que disponiendo conductores recorridos por corrientes de formas determinadas, podemos obtener campos magnéticos muy fuertes, útiles en la construcción de diversos dispositivos.

Fig. 3



Forma que adquiere el campo magnético de un imán

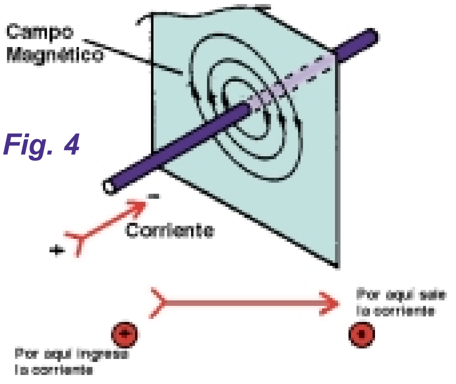
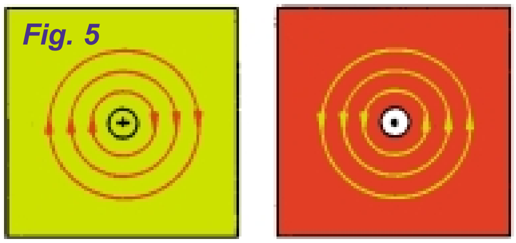

Campo Magnético
-
+
Corriente
Por aquí ingresa la corriente
Por aquí sale la corriente

Fig. 4

Campo Eléctrico y Campo Magnético

Si tenemos una carga eléctrica, alrededor de esta carga existe un campo eléctrico cuyas líneas de fuerza se orientan como muestra la figura 6. Una carga eléctrica en reposo (detenida) posee sólo campo eléctrico. Sin embargo, si se pone en movimiento una carga eléctrica, lo que tendremos será una manifestación de fuerzas de naturaleza diferente: tendremos la aparición de un campo magnético. Este campo tendrá líneas de fuerza que envuelven la trayectoria de la carga, como muestra la figura 7. El campo eléctrico puede actuar sobre cualquier tipo de objeto, provocará atracción o repulsión según

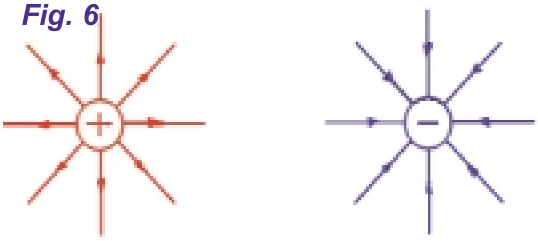
Fig. 5



Corriente entrando

Corriente saliendo

Fig. 6



Campo magnético de una carga positiva

Campo magnético de una carga negativa

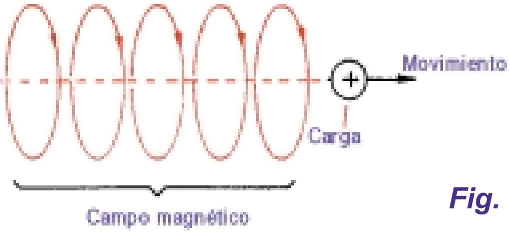

Movimiento
Carga
Campo magnético

Fig. 7

su naturaleza. El campo magnético sólo actúa atrayendo o repeliendo, sobre materiales de determinada naturaleza de forma más eminente. Teniendo en cuenta el origen del campo magnético podemos explicar fácilmente por qué ciertos cuerpos son imanes y por qué una corriente puede actuar sobre una aguja magnetizada.

En un cuerpo común los electrones que se mueven alrededor de los átomos lo hacen de manera desordenada, de modo que el campo producido no aparece.

Sin embargo, podemos orientar estos movimientos de modo de concentrar el efecto de una manera determinada, como muestra la figura 8.

Obtenemos, entonces, "imanes elementales", cuyos efectos sumados dotan al material de propiedades magnéticas. Tenemos así, cuerpos denominados imanes permanentes. Un imán permanente tiene dos polos, denominados NORTE (N) y SUR (S), cuyas propiedades son semejantes a las de las cargas eléctricas.

Podemos decir que polos de nombres diferentes se atraen (Norte atrae a Sur y viceversa).

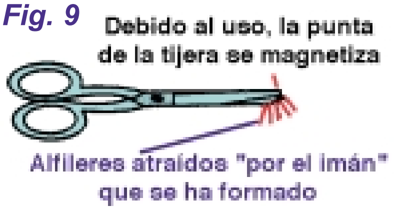
Polos del mismo nombre se repelen (Norte repele a Norte y Sur repele a Sur).

Los imanes permanentes pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales destacamos la magnetita, una forma de mineral de hierro que ya se obtiene en los yacimientos con las propiedades que caracterizan un imán.

Entre los artificiales destacamos el Alnico, que es una aleación (mezcla) de aluminio, níquel y cobalto, que no tiene magnetismo natural hasta que es establecido por procesos que veremos posteriormente. Los materiales que podemos convertir en imanes son llamados materiales magnéticos; podemos magnetizar un material que lo admita orientando sus imanes elementales. Para ello existen diversas técnicas:

a) Fricción: de tanto usar una herramienta, una tijera, por ejemplo, los imanes elementales se orientan y ésta pasa a atraer pequeños objetos de metal, o sea, se vuelve un imán (figura 9). Frotando una aguja contra un imán, orienta sus imanes elementales y retiene el magnetismo.

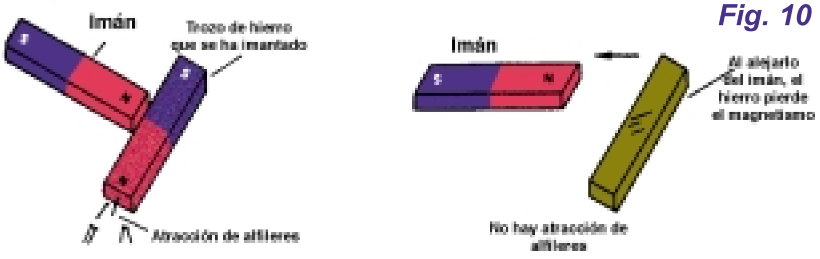
Fig. 9


Debido al uso, la punta de la tijera se magnetiza
Alfileres atraídos "por el imán" que se ha formado

Advierta que existen cuerpos que no retienen el magnetismo, como por ejemplo el hierro.

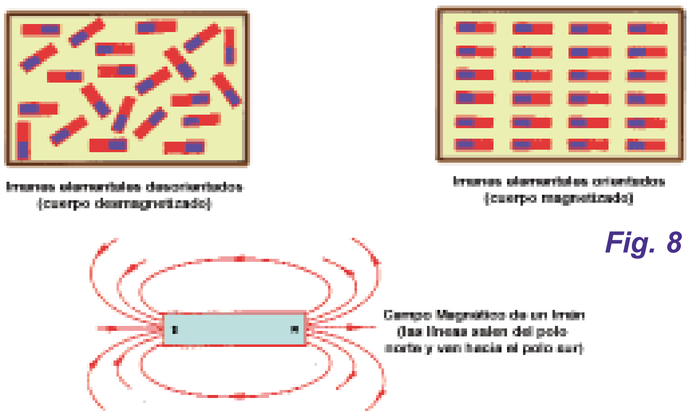
Si apoyamos un imán contra un hierro, éste se magnetiza, como muestra la figura 10, pero en cuanto lo separamos del imán, el hierro pierde la propiedad de atraer pequeños objetos, debido a que sus imanes elementales se desorientan.

Fig. 10


Imán
Trozo de hierro que se ha imantado
Atracción de alfileres
Imán
Al alejarlo del imán, el hierro pierde el magnetismo
No hay atracción de alfileres

b) Mediante un campo intenso: colocando un objeto magnetizable en presencia de un campo magnético fuerte, podemos orientar sus imanes elementales y, de esta manera, convertirlos en un imán. El campo de una bobina puede ser suficiente para esto. Del mismo modo que los materiales pueden retener magnetismo, también pueden perderlo bajo ciertas condiciones.

Si calentamos un trozo de magnetita, o sea un imán permanente natural, a una temperatura de 585°C, el magnetismo desaparece. Esta temperatura es conocida con el nombre de Punto Curie y varía de acuerdo a los diferentes materiales.


Campo Magnético de un imán (las líneas salen del polo norte y van hacia el polo sur)

Imanes elementales desorientados (cuerpo desmagnetizado)

Imanes elementales orientados (cuerpo magnetizado)

Fig. 8

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LA MATERIA

Imaginemos los polos de un imán permanente, como muestra la figura 11. Tenemos un campo uniforme, dado que las líneas de fuerza son paralelas (dentro del espacio considerado). Pues bien, colocando diversos tipos de materiales entre los polos del imán, podemos observar lo siguiente:

Fig. 11

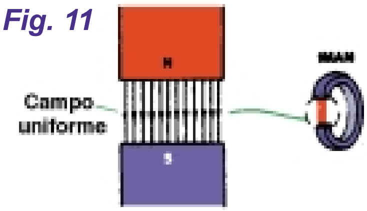


Fig. 12

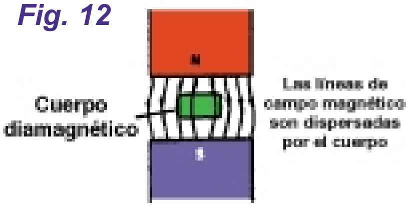
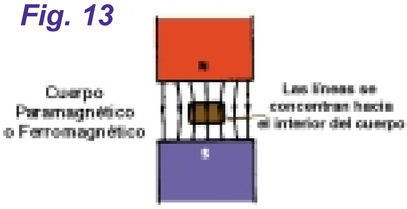


Fig. 13


N
Cuerpo Paramagnético o Ferromagnético
S
Las líneas se concentran hacia el interior del cuerpo

a) El material "dispersa" las líneas de fuerza del campo magnético, como muestra la figura 12.

El material en cuestión se llama "diamagnético", tiene una susceptibilidad magnética menor que 1 y presenta la propiedad de ser ligeramente repelido por los imanes (cualquiera de los dos polos). Entre los materiales diamagnéticos citamos el COBRE, el VIDRIO y el BISMUTO.

b) El material concentra las líneas de fuerza de un campo magnético, como muestra la figura 13.

Si la concentración fuera pequeña (susceptibilidad ligeramente mayor que 1), diremos que la sustancia es paramagnética, como por ejemplo el aluminio, el aire, el platino y el tungsteno.

Si bien existe una fuerza de atracción de los imanes por estos materiales, la misma es muy pequeña para ser percibida.

En cambio, si la concentración de las líneas de fuerza fuera muy grande (susceptibilidad mucho mayor que 1), entonces el material se denomina "ferromagnético", siendo atraído fuertemente por el imán. El nombre mismo nos está diciendo que el principal material de este grupo es el hierro.

Los materiales ferromagnéticos son usados para la fabricación de imanes y para la concentración de efectos de los campos magnéticos.

Los materiales diamagnéticos se utilizan en la construcción de blindajes, cuando deseamos dispersar las líneas de fuerza de un campo magnético.

CÁLCULOS CON FUERZAS MAGNÉTICAS

Si colocamos una carga eléctrica bajo la acción de un campo eléctrico, la misma queda sujeta a una fuerza; esta fuerza puede ser calculada mediante:

$$F = q \cdot E$$

donde:

F es la intensidad de la fuerza (N).

q es el valor de la carga (C) y E es la intensidad del campo (N/C).

Para el caso del campo magnético, podemos definir una magnitud equivalente a E (Vector de intensidad de Campo), que se denomina Vector de Inducción Magnética, el cual es representado por la B (figura 14). La unidad más común para medir el Vector Inducción Magnética es el Tesla (T), pero también encontramos el Gauss (G).

$$1\ T = 10^4 G$$

El lanzamiento de una carga eléctrica en un campo eléctrico o en un campo magnético es la base de dispositivos electrónicos muy importantes. Así, podemos dar como ejemplo el caso de un tubo de rayos catódicos, (tubo de rayos catódicos de TV, por ejemplo) en el que la imagen está totalmente determinada por fuerzas de naturaleza eléctrica y magnética que determinan la trayectoria de los electrones que inciden en una pantalla fluorescente (figura 15). Es, por lo tanto, necesario que el técnico electrónico sepa hacer algunos cálculos elementales relativos al comportamiento de cargas en campos eléctricos y también magnéticos.

Fig. 14

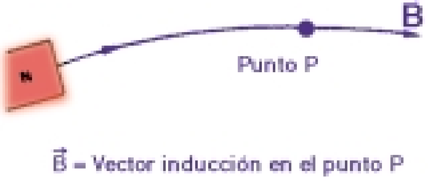
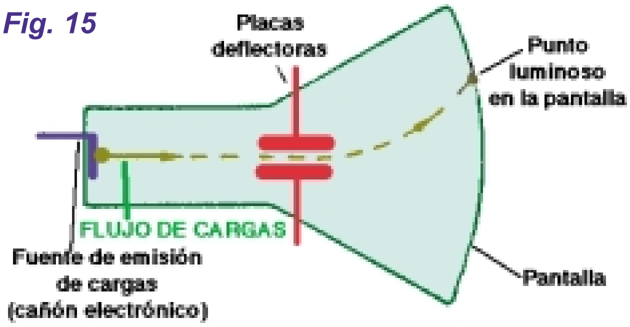


Fig. 15


Placas deflectoras
Punto luminoso en la pantalla
FLUJO DE CARGAS
Fuente de emisión de cargas (cañón electrónico)
Pantalla

a) Fuerza en un campo eléctrico

Suponiendo dos placas paralelas, como muestra la figura 16, sometidas a una tensión V (+Ve; -V), entre ellas existe un campo eléctrico uniforme cuya intensidad es:

$$E = V/d$$

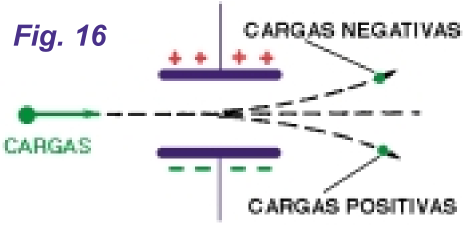
(**V** = Potencial y **d** = distancia)

Si entre las placas lanzamos una carga eléctrica, un electrón, o una carga, ésta quedará sujeta a una fuerza que depende de dos factores: su polaridad y su intensidad. Si la carga fuera positiva, la fuerza se ejercerá en el sentido de empujarla hacia la placa negativa y, si fuera negativa, al contrario. La intensidad de la fuerza estará dada por:

$$F = q \cdot E$$

Donde:

Fig. 16



F es la fuerza en Newtons.
q es la fuerza en Coulombs.
E es la intensidad de campo en V/m o N/C.

En el caso de un campo magnético, el comportamiento de la carga lanzada es un poco diferente.

De hecho, sólo existirá la fuerza si la carga estuviera en movimiento. Una carga estática no es influenciada por campos magnéticos.

b) Fuerza en campos magnéticos

La fuerza a que queda sometida una carga eléctrica lanzada en un campo magnético es denominada Fuerza de Lorentz y tiene las siguientes características:

Dirección perpendicular al Vector B y al vector v (velocidad), la Intensidad está dada por la fórmula:

F = q . v . B sen ¿

Donde:
F = fuerza en Newtons
q = carga en Coulombs
v = velocidad en m/s
ø = ángulo entre V y B

Sentido dado por la regla de la mano izquierda de Fleming, como muestra la figura 17.

Representando el campo (B) con el dedo índice y la velocidad (v) con el dedo del medio, la fuerza que actuará sobre la carga estará dada por la posición del pulgar (F).

Si la carga fuera negativa, se invierte el sentido de F. Observe que si lanzamos una carga paralela a las líneas de fuerza del campo magnético (B paralelo a v), entonces, el seno ø será nulo. En estas condiciones, no habrá ninguna fuerza que actúe sobre la carga.

DISPOSITIVOS ELECTROMAGNÉTICOS

Sabemos que cuando una corriente recorre un conductor rectilíneo, el movimiento de las cargas es responsable de la aparición de un campo magnético. Ese campo magnético tiene la misma naturaleza que el que se produce con una barra de imán permanente y puede atraer o repeler objetos de metal.

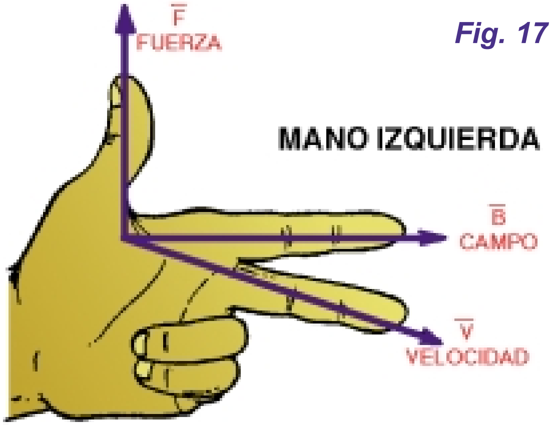


Fig. 17

En el caso del campo producido por una corriente en un conductor, no sólo tenemos el control de su intensidad sino que también podemos intervenir en la "geometría" del sistema, darle formas y disposiciones mediante las que se puede aumentar, dirigir y difundir las líneas de fuerza del campo según se desee. Hay varias maneras de lograr eso, lo que nos lleva a la elaboración de distintos dispositivos de aplicación en electrónica.

ELECTROIMANES Y SOLENOIDES

El campo creado por una corriente que recorre un conductor rectilíneo es muy débil. Se necesita una corriente relativamente intensa, obtenida de pilas grandes o de batería, para que se observe el movimiento de la aguja imantada. Para obtener un campo magnético mucho más intenso que éste, con menos corriente y a partir de alambres conductores, pueden enrollarse los alambres para formar una bobina o solenoide, como muestra la figura 18.

Cada vuelta de alambre se comporta como un conductor separado y, entonces, el conjunto tiene como efecto la suma de los efectos de las corrientes. De esta manera, en el interior del solenoide tenemos la suma de los efectos magnéticos.

En la figura 19 se grafica la forma de obtener el sentido del campo magnético generado cuando se conoce la polaridad de la corriente. Se observa que la bobina se comporta como un imán en forma de barra con los polos en los extremos. Cualquier material ferroso, en las cercanías de la bobina, será atraído por el campo magnético que ésta genera.

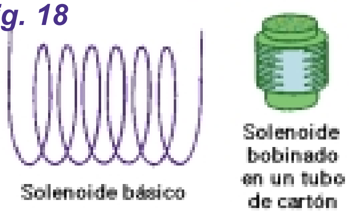
Si en el interior de la bobina coloco un núcleo de hierro, el campo magnético se incrementa, y puede atraer a otros objetos ferrosos más pesados.

Al conjunto así formado se lo llama electroimán y posee innumerables aplicaciones, por ejemplo en grúas, válvulas en lavarropas, maquinarias textiles, etc.

RELÉS Y REED-RELÉS

La estructura de un relé se muestra en la figura 20. Se puede apreciar que en las cercanías del electroimán recién estudiado se coloca un juego de contactos eléctricos. En el caso

Fig. 18



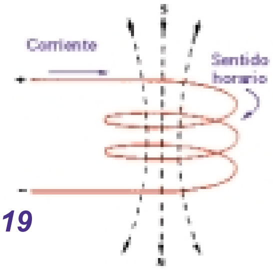


Fig. 19

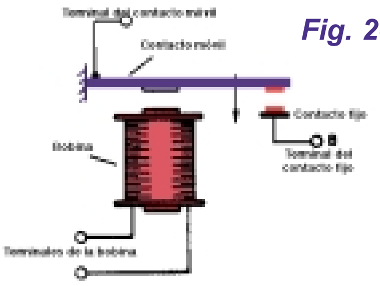


Fig. 20

Fig. 21

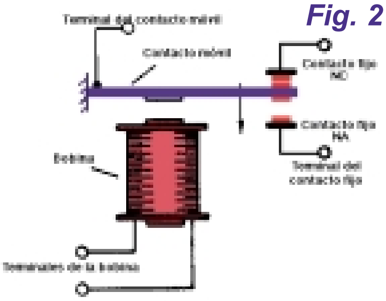
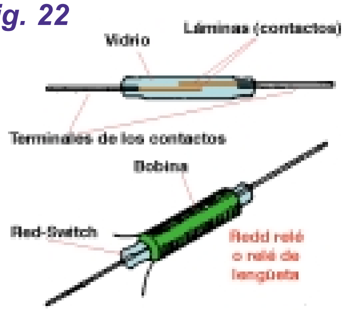

Terminal del contacto móvil
Contacto móvil
Contacto fijo NC
Contacto fijo NA
Terminal del contacto fijo
Bobina
Terminales de la bobina

Fig. 22

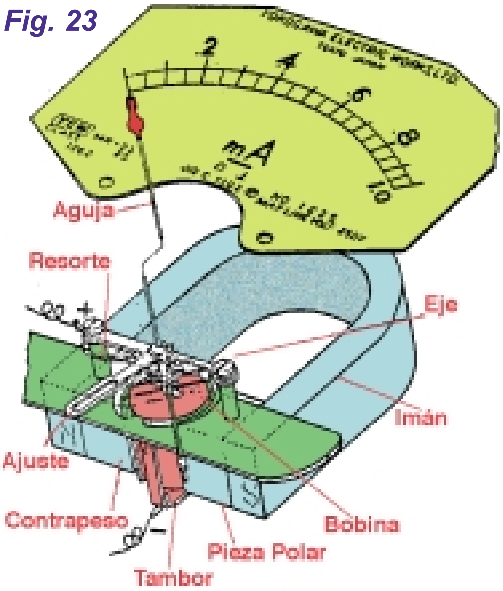

Vidrio
Láminas (contactos)
Terminales de los contactos
Bobina
Red-Switch
Redd relé
o relé de
lengüeta

de la figura, cuando no circula corriente por el solenoide (bobina), los contactos permanecen abiertos. Cuando la bobina es energizada, el campo magnético atrae el contador móvil que se ***"pega"*** con el fijo, y cierra, de esta manera, algún circuito eléctrico.

En la figura 21 se da un ejemplo de relé con 3 contactos; el principio de funcionamiento es el mismo, sólo que ahora existe un contacto normal cerrado (bobina sin energía) y otro normal abierto. Otro tipo de relé es el llamado ***"reed-rel "***, cuyo aspecto funcional se ve en la figura 22.

Se tiene un interruptor de láminas encerradas en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Con el gas inerte, las chispas que se producen durante el cierre y apertura de los contactos no les causan daños (no se queman).

Fig. 23


2
4
6
8
10
mA
0
Aguja
Resorte
Eje
Imán
Ajuste
Contrapeso
Bobina
Pieza Polar
Tambor

Con eso, contactos relativamente chicos pueden soportar corrientes intensas y, además, la operación es relativamente alta en relación con la distancia que separa a los contactos en la posición "abierto". El "reed-switch", que es un interruptor de láminas, se acciona, en condiciones normales, por la aproximación del imán. Una aplicación importante de este componente está en los sistemas de alarma, en los que la apertura de una puerta o una ventana hace que un imán abra o cierre los contactos de una reed-switch activando la alarma.

En el caso de un reed-relé, el accionamiento de los contactos lo efectúa el campo magnético de un solenoide que envuelve la ampolla. Con muchas espiras de alambre barnizado pueden obtenerse relés ultra sensibles, capaces de cerrar los contactos con corrientes de bobina de pocos miliamperes. La corriente de contacto depende exclusivamente del "reed-switch" que se use, pero son típicas las del orden de 100 a 1.000mA. La ventaja principal de este relé, además de la sensibilidad, es la posibilidad de montaje en un espacio muy reducido, pues el componente es de pequeñas dimensiones.

Los Galvan metros

El galvanómetro de bobina móvil o de D'Arsonval es un componente electrónico que utiliza el efecto magnético de la corriente. Se usa este dispositivo para medir corrientes eléctricas para aprovechar justamente el hecho de que el campo magnético y, por consiguiente, la fuerza que actúa con el imán, es proporcional a la corriente que pasa por la bobina. En la figura 23, vemos este componente en forma simplificada. Entre los polos de un imán permanente se coloca una bobina que puede moverse respecto de dos ejes que sirven también de contactos eléctricos. Resortes espiralados limitan el movimiento de la bobina, el que se hace más difícil cuando se acerca al final del recorrido.

En la bobina se coloca una aguja que se desplaza sobre una escala. Cuando circula corriente por la bobina se crea un campo magnético que interactúa con el campo del imán permanente, surgiendo, entonces, una fuerza que tiende a mover el conjunto. El movimiento será tanto mayor cuanto más intensa sea la corriente.

Podemos, así, calibrar la escala en función de la intensidad de la corriente. Son comunes los galvanómetros que tienen sus escalas calibradas con valores máximos, llamados también ***"fondo de escala"***, entre 10µA (microamperes) y 1mA (miliampere). Los galvanómetros pueden formar parte de diversos instrumentos que miden corrientes (miliamperímetros o amperímetros), que miden tensiones (voltímetros, resistencias ohmímetros), o que miden todas las magnitudes eléctricas (multímetros).

Los Inductores

Podemos reforzar en forma considerable el campo magnético creado por una corriente que circula en

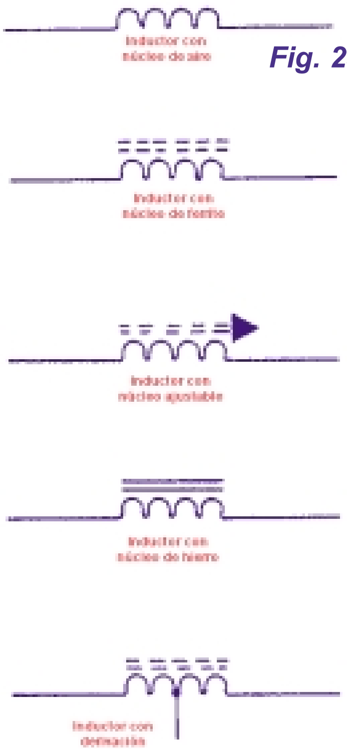

Inductor con
núcleo de aire
Inductor con
núcleo de ferrite
Inductor con
núcleo ajustable
Inductor con
núcleo de hierro
Inductor con
derivación

Fig. 24

un conductor, si enrollamos el conductor para formar una bobina. La inductancia de una bobina es también mucho mayor que la de un conductor rectilíneo. Tenemos, entonces, componentes llamados inductores (que aparecen en los diagramas representados por espirales con letras "L") que presentan inductancias, o sea una inercia a las variaciones bruscas de la corriente (figura 24). Los inductores pueden tener diversas características de construcción según la aplicación a la que se destinan. Tenemos, entonces, los inductores de pequeñas inductancias, formados por pocas espiras de alambre, con o sin un núcleo de material ferroso en su interior. La presencia del material ferroso aumenta la inductancia, multiplicada por un factor que puede ser bastante grande.

La unidad de inductancia es el henry, H en forma abreviada.

El múltiplo más usado es:

-El milihenre (mH) que vale 0,001 henry, o mil sima parte del Henry.

Los pequeños inductores para aplicaciones en frecuencias elevadas tienen inductancias que varían entre pocos microhenry y milihenry, mientras que los que se usan para frecuencias medias y bajas pueden tener inductancias hasta de algunos henrys.

La oposición o inercia que presenta el inductor a las variaciones de intensidad de la corriente depende de la cantidad de líneas de fuerza que cortan el conductor o espiras de la bobina.

Denominamos flujo magnético, representado por Ø, al número de líneas de fuerza que atraviesan una cierta superficie (S). Calculamos el flujo en una espira de la bobina mediante la fórmula:

$$\varnothing = B.\,S.\,\cos\alpha$$

En la que:

Ø es la intensidad del flujo magnético que se mide en weber, cuyo símbolo es Wb.

B es la intensidad de la inducción magnética medida en Tesla (T).

S es la superficie rodeada por la espira, en metros cuadrados.

Si tuviéramos una bobina con n espiras, basta multiplicar el segundo miembro de la fórmula por n:

$$\varnothing = n.B.S.\cos\alpha$$

Si en el interior del solenoide o bobina se colocara un núcleo de material ferroso, debemos multiplicar la permeabilidad del material por el resultado.

Partiendo de esta fórmula del flujo se puede, fácilmente, llegar a la fórmula de la inductancia propiamente dicha, que será válida para solenoides en los que la longitud no sea mucho mayor que el diámetro.

Tenemos, entonces:

$$L = \frac{1{,}257\ .\ n^2\ .\ S\ .\ 10^{-8}}{l}$$

En la que:

L es la inductancia en henry (H).

n es el número de espiras del solenoide.

l es la longitud del solenoide en centímetros.

S es la superficie rodeada por una espira, en centímetros cuadrados.

Los valores **1,257 y 10^{-8}** son constantes que dependen de la permeabilidad magnética del medio, en este caso del aire, además de las unidades de longitud y superficie que se utilicen.

Los Componentes en Corriente Alterna

La corriente que tomamos de la línea es alterna y es muy diferente de la que obtenemos de pilas o baterías. Pero *¿cuál es la diferencia y de qué modo influye en el comportamiento de los distintos componentes que estudiamos hasta el momento?*

Si conectamos un resistor, un cable conductor o una lámpara a una pila o batería, se establecerá una corriente que es un flujo de electrones libres. Esos electrones van a dirigirse del polo negativo (que los tiene en exceso) al polo positivo (que los tiene en defecto).

Suponiendo que la resistencia del resistor, conductor o lámpara no varíe en el transcursor del tiempo, el flujo de electrones será constante como ilustra el gráfico de la figura 1.

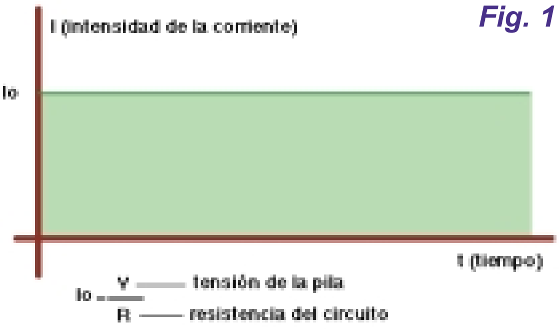
Esta es una corriente continua porque: ***"Circula siempre en el mismo sentido y tiene intensidad constante".*** Una corriente continua se representa en forma abreviada por CC (corriente continua) o DC (direct current). Pero existe otro tipo de corriente.

Vamos a suponer que se establezca una corriente en un conductor, resistor u otra clase de carga, de manera que su intensidad no es constante sino que varía cíclicamente, es decir, siempre de la misma manera. Una corriente que cambia en forma constante su sentido de circulación y varía su intensidad es una corriente alterna.

A nosotros va a interesarnos al principio la corriente alterna sinusoidal, que explicaremos enseguida.

Un conductor que corte las líneas de fuerza de un campo magnético, manifestará en sus extremos una fuerza electromotriz que puede calcularse mediante la expresión:

Fig. 1



$$E = B \times L \times \text{sen}\,\alpha$$

Donde:

E es la fuerza electromotriz

B es el vector inducción magnética

L es la longitud del alambre

α es el ángulo en que el conductor corta las líneas del campo.

Vea que la inducción de una tensión será tanto mayor cuanto mayor sea el ángulo según el que el conductor corta las líneas de fuerza del campo magnético.

Partiendo de ese hecho, vamos a suponer que montamos una espira (una vuelta completa del alambre conductor) de manera de girar dentro del campo magnético uniforme, como se ve en la figura 2.

Un campo magnético uniforme se caracteriza por tener la misma intensidad en todos sus puntos, lo que nos lleva a representarlo por líneas de fuerza paralelas. Vamos a representar esta espira vista desde arriba para comprender con mayor facilidad los fenómenos que se producirán cuando la giramos, como muestra la figura 3.

Partiendo entonces de la posición de la figura 3, hacemos que la espira gire 90° en el sentido indicado, de modo que corte las líneas de fuerza del campo magnético.

En estas condiciones, a medida que la espira "entra" en el campo, el ángulo se va acentuando de manera que al llegar a 90, el valor va desde cero hasta el máximo.

En esta posición, la espira corta el campo en forma perpendicular aunque sólo sea por un instante. Como la tensión inducida depende del ángulo, vemos que en este arco de 90°, el valor va desde 0 hasta el máximo, lo que puede representarse mediante el gráfico de la figura 4. Continuando la rotación de la espira, vemos que entre 90° y 180° tiende a "salir" del campo y se va reduciendo el ángulo según el cual corta las líneas de fuerza del campo magnético. La tensión inducida en estas condiciones cae hasta el mínimo en este arco.

Vea que realmente la tensión cae a cero pues a 180°, aunque sólo por un instante, el movimiento de la espira es paralelo a las líneas de fuerza y entonces no hay inducción.

En la figura 5 se tiene la representación gráfica de lo que ocurre con el valor de la tensión en estos arcos de 90° (0° a 90° y 90° a 180°).

Recorriendo ahora 90° más, de 180 a 270°, la espira vuelve a "penetrar" en el campo magnético en forma más acentuada pero en sentido opuesto al del arco inicial. Así ocurre la inducción pero la polaridad de tensión en los extremos de la espira se ha invertido, es decir, si tomamos una referencia inicial que lleve a una representación positiva en los 180 grados iniciales, a partir de este punto la representación será negativa como muestra la figura 6.

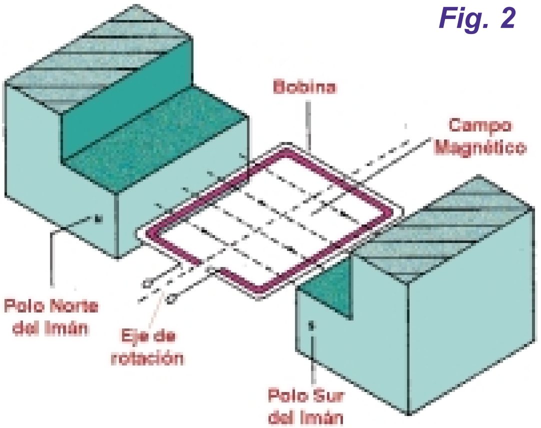
Igualmente, la tensión asciende, pero hacia valores negativos máximos, hasta llegar en los 270 grados al punto de corte, prácticamente perpendicular aunque sea por un breve instante. En los 90° finales de la vuelta completa, de 270 a 360 grados, nuevamente el ángulo en el que la espira corta las líneas de fuerza, disminuye y la tensión inducida cae a cero.

El ciclo completo de representación de la tensión generada se ve en la figura 7.

Si tuviéramos un circuito externo para la circulación de la corriente y si la resistencia fuera constante, la intensidad dependerá exclusivamente de la tensión). La corriente circulante tendrá entonces las mismas características de la tensión, es decir, variará según la misma curva.

Como la tensión generada está regida por la función seno (**sen α**) que determina el valor según el ángulo, ya que B y L son constantes, la forma de la onda recibe el nombre de sinusoide. Se trata, por lo tanto de

Fig. 2



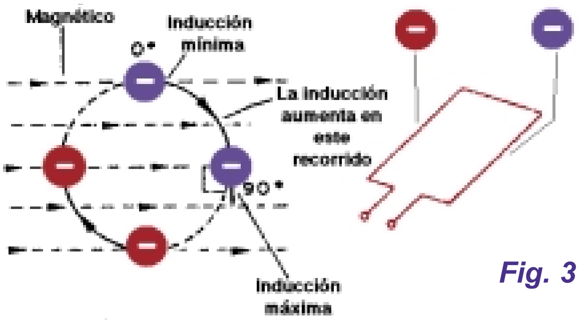
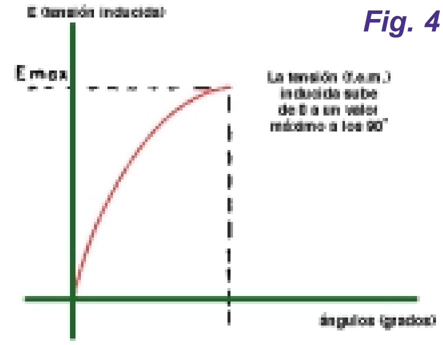


Fig. 3

Fig. 4



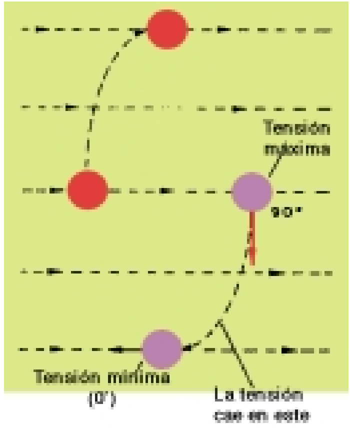
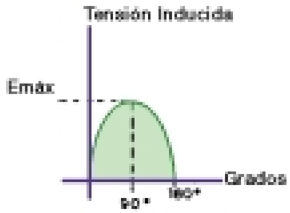


Fig. 5



una corriente alterna sinusoidal. Para generar esta corriente alterna sinusoidal se establece una tensión también sinusoidal. Esa tensión, también alterna tiene la misma representación gráfica.

Podemos decir entonces:

"Una tensión alterna produce una corriente alterna que es aquella cuya intensidad varía en forma constante según una función periódica y su sentido se invierte constantemente."

Vea que una "función periódica" es la que se repite continuamente como la sinusoide que es la misma a cada vuelta de espira (figura 8).

Una corriente alterna sólo puede ser establecida por una tensión alterna.

El tiempo que la espira tarda en dar una vuelta completa determina un valor muy importante de la corriente alterna, que podemos medir. Este tiempo de una vuelta es el periodo que se representa con T y se mide en segundos.

El número de vueltas que da la espira en un segundo determina otra magnitud importante que es la frecuencia, representada por **f** y medida en hertz (Hz).

Numéricamente, la frecuencia es la inversa del período:

T = 1/f

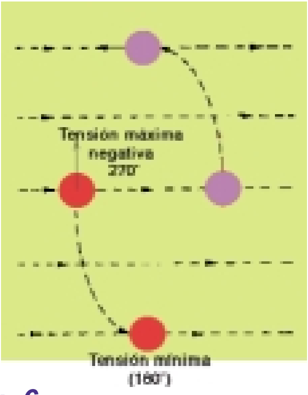
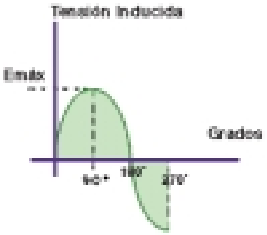


Fig. 6



Los alternadores de las usinas hidroeléctricas (y atómicas) que envían energía eléctrica a nuestras casas, operan con una frecuencia de 50 hertz (50Hz).

Decimos entonces que la corriente alterna obtenida en las tomas de energía tiene una frecuencia de 50 hertz.

Esto significa que en cada segundo, la corriente es forzada a circular 50 veces en un sentido y 50 veces en el opuesto, pues ése es el efecto de la inversión de la polaridad (vea nuevamente la figura 8).

Alimentando una lámpara incandescente común, en cada segundo existen 100 instantes en que la corriente se reduce a cero, pero la lámpara no llega a apagarse por la inercia del filamento que se mantiene caliente. La tensión producida puede variar y es de 220V. No podemos hablar de un valor fijo de tensión o de corriente pues el cambio de la polaridad y del valor es constante.

¿Qué significa entonces 220V?

Si tenemos en cuenta la tensión sinusoidal de la toma de energía de la red, vemos que lo cierto sería hablar de valores instantáneos, es decir: de la tensión que encontramos en cada instante, que depende del instante de cada ciclo considerado. Podemos encontrar tanto un mínimo negativo como un máximo positivo, o cero, según el instante dado.

Es claro que a los efectos prácticos, eso no tiene mucho sentido. Es así que, para medir tensiones y corrientes alternas es preciso establecer una manera que nos dé una idea del efecto promedio o real obtenido. Esto puede entenderse de la siguiente manera:

Si alimentamos una lámpara común con tensión alterna en los instantes en que la corriente circula por el filamento, en un sentido o en otro, se produce el calentamiento y la lámpara se enciende. El efecto es el mismo que tendríamos si la alimentáramos con una tensión continua de determinado valor.

¿Cuál sería ese valor?

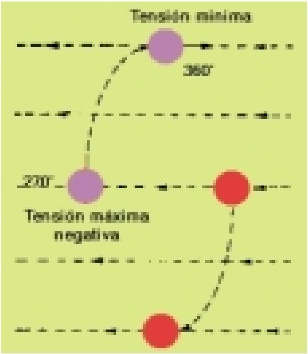
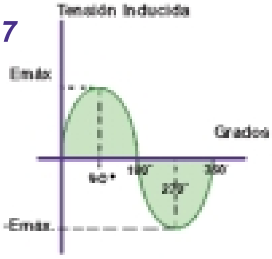


Fig. 7



Si comparamos el gráfico que representa la circulación de corriente continua por un circuito y el gráfico que representa la circulación de una corriente alterna, la superficie cubierta en un intervalo se relaciona con la cantidad de energía que tenemos a disposición. Entonces nos basta hacer la pregunta siguiente para tener la respuesta a nuestro problema:

¿Cuál debe ser el valor de la tensión continua que nos produce el mismo efecto que determinada tensión alterna?

En la figura 9 vemos que, si la tensión alterna llega a un valor máximo X, el valor que la tensión continua debe tener para producir el mismo efecto se consigue dividiendo X por la raíz cuadrada de 2, o sea: 1,4142. El valor máximo alcanzado en un ciclo (el mínimo también) se llama valor de pico, mientras que el valor que produce el mismo efecto, se llama ***valor eficaz o r.m.s. ("root mean square")***. Para la red de 220V, los 220V representan el valor r.m.s. Existen instantes en que la tensión de la red llega a 220V multiplicados por 1,4142 y así obtenemos que el valor pico es 311,12V.

Este valor se logra dividiendo el promedio de todos los valores en cada instante del semiciclo, o sea la mitad del ciclo completo, pues si entrasen en el cálculo valores negativos, el resultado sería cero (figura 10). Podemos entonces resumir los "valores" en la forma siguiente:

VALOR PICO: es el valor máximo que alcanza la tensión o la corriente

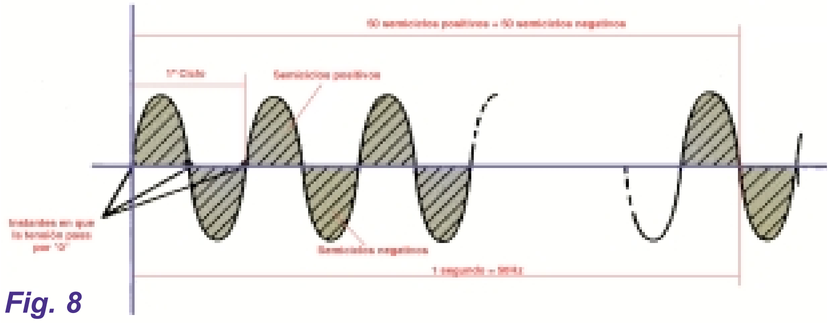

50 semiciclos positivos = 50 semiciclos negativos
1° Ciclo
Semiciclos positivos
Instantes en que la tensión pasa por "0"
Semiciclos negativos
1 segundo = 50Hz

Fig. 8

Fig. 9

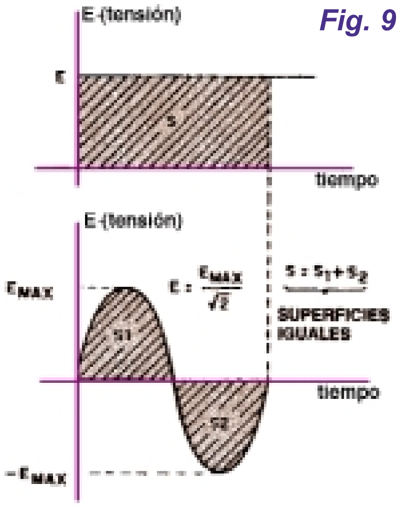
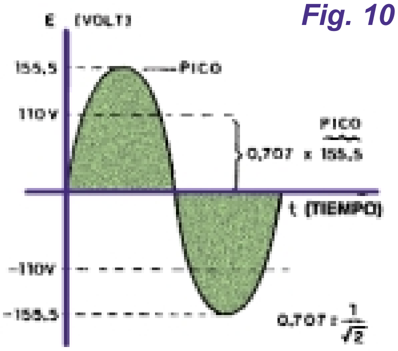

E (tensión)
E
S
tiempo
E (tensión)
E_{MAX}
$E = \frac{E_{MAX}}{\sqrt{2}}$
$S = S_1 + S_2$
SUPERFICIES IGUALES
S1
S2
tiempo
$-E_{MAX}$

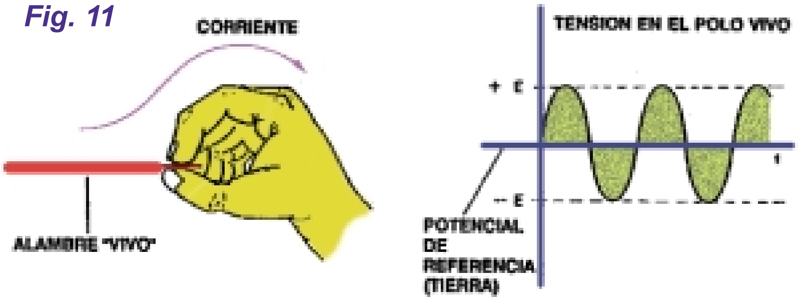
Fig. 10


E (VOLT)
155,5
PICO
110 V
PICO
0,707 x 155,5
t (TIEMPO)
-110V
-155,5
$0{,}707 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

en un ciclo, pudiendo ser tanto negativo como positivo. Es un valor instantáneo, es decir, aparece en un breve instante en cada ciclo de corriente o tensión alternada.

Valor eficaz o R.M.S.: es el valor que debería tener la tensión o corriente si fuese continua para que se obtuvieran los mismos efectos de energía.

Fig. 11


CORRIENTE
ALAMBRE "VIVO"
TENSION EN EL POLO VIVO
+ E
– E
t
POTENCIAL DE REFERENCIA (TIERRA)

Valor medio: obtenemos este valor dividiendo la suma de los valores instantáneos de un semiciclo por su cantidad, o sea: sacamos la media artimética de los valores instantáneos en un semiciclo.

No podemos hablar de polaridad para una tensión alterna, ya que cambia constantemente. Una corriente de cualquier carga conectada a un generador de corriente alterna invierte su sentido en forma constante. En el caso de la red, sabemos que uno de los polos "produce shock" y el otro, no. Eso nos lleva a las denominaciones de polo vivo y polo neutro.

¿Qué sucede entonces?

Si tenemos en cuenta que el generador de energía de las compañías tiene uno de los cables conectado a tierra, que se usa como conductor de energía, resulta fácil entender lo que ocurre.

Al estar en contacto con la tierra, cualquier objeto, en cualquier instante, tendrá el mismo potencial del polo generador conectado a tierra que es entonces la referencia. Este es el polo neutro, que tocado por una persona no causa shock porque estando al mismo potencial no hay circulación de corriente.

La tensión varía alrededor del valor del polo de referencia según la sinusoide del otro polo. Es así que en relación al neutro, el otro polo, es decir el polo vivo, puede estar positivo o negativo, 50 veces por segundo. Al tocar el polo vivo (figura 11), habrá una diferencia de potencial respecto de tierra (variará 50 veces por segundo), pero ella puede causar la circulación de una corriente eléctrica y producir el shock eléctrico.

Representación Gráfica de la Corriente Alterna

Los lectores deben acostumbrarse a la representación de fenómenos de naturaleza diversa mediante gráficos.

Cuando se tiene un fenómeno que ocurre de manera dinámica, una magnitud varía en función de otra; por ejemplo, en el caso de la corriente alterna, la intensidad de la corriente o la tensión son las que varían con el tiempo.

Para representar esas variaciones hacemos un gráfico de tensión versus tiempo (V x t) como muestra la figura 12. Colocamos, entonces, en el eje vertical (Y) los valores de tensión, graduamos este eje en la forma adecuada y en el eje horizontal (X) colocamos los valores del tiempo (t), graduamos también el eje en forma adecuada. Después definimos cada punto del gráfico como un par de valores (X e Y), dado por el valor de la tensión en un determinado instante. Para el caso de la tensión alterna, si dividimos el tiempo de un ciclo (1/50 de segundo) en 100 partes, por ejemplo, podemos determinar 100 puntos que unidos darán la curva que representa la forma de onda de esta tensión.

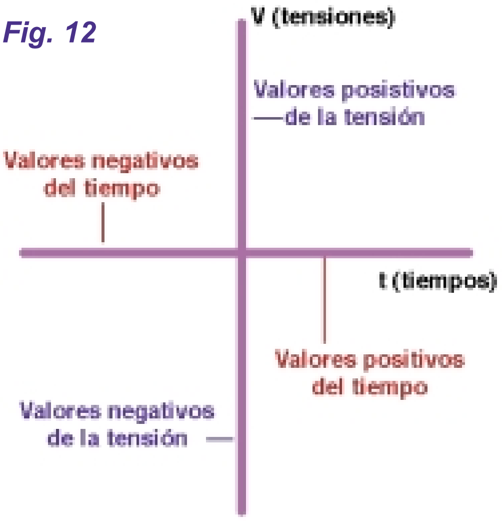
Es claro que el gráfico ideal se obtiene con infinitos puntos pero eso no siempre es posible.

Mientras, por distintos procedimientos podemos tener una aproximación que haga continua la curva y se obtenga así un gráfico (curva) ideal. A partir de esta representación podemos entonces obtener el valor instantáneo de la tensión en cualquier momento y del mismo modo, dado el valor podemos encontrar el instante en que se produce.

Reactancia

Los capacitores e inductores presentarán una propiedad denomina-

Fig. 12


V (tensiones)
Valores posistivos de la tensión
Valores negativos del tiempo
t (tiempos)
Valores positivos del tiempo
Valores negativos de la tensión

da ***"reactancia"*** cuando se los somete al paso de una corriente alterna

Si se conecta un capacitor a un generador de corriente continua, como una pila, por ejemplo, una vez que cierta cantidad de cargas fluya a sus armaduras y se cargue, desaparece cualquier movimiento de esas cargas y la corriente en el circuito pasa a ser indefinidamente nula.

En esas condiciones, el capacitor está totalmene cargado, posee una resistencia infinita y no deja circular la corriente.

Por otra parte, si conectamos al mismo generador un inductor ideal (que no presenta resistencia en el alambre del cual está hecho) una vez que la corriente se haya establecido y el campo magnético adquiera la intensidad máxima, no encontramos efecto alguno de inductancia. Las cargas podrán fluir con la intensidad máxima como si el inductor no existiera.

La presencia del capacitor y del inductor en un circuito de corriente continua es importante sólo en el instante en que ocurren variaciones: ***cuando la corriente se establece o cuando la corriente se desconecta. Ya estudiamos ampliamente los fenómenos que se producen en esos instanes.***

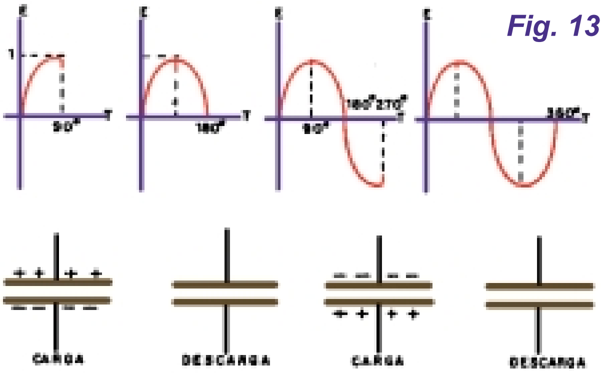
Pero, *¿qué sucedería si se conectara el inductor o el capacitor a un circuito de corriente alterna en el que la tensión varía con rapidez, en forma repetitiva? ¿Qué fenómenos importantes se producirían?*

REACTANCIA CAPACITIVA

Vamos a empezar con el capacitor, lo conectamos, por ejemplo, a un circuito de corriente alterna de 50 hertz, de la red. Durante el primer cuarto del ciclo, cuando la tensión aumenta de cero a su valor máximo, el capacitor se carga con la armadura A positiva y la B negativa. Eso sucede en un intérvalo de 1/200 de segundo. En el segundo cuarto, cuando la tensión cae a cero desde el valor máximo, se invierte la corriente en el capacitor y se descarga. En el tercer cuarto se invierte la polaridad de la red de manera que la corriente de descarga continúa en el mismo sentido pero carga positivamente la armadura B. El capacitor invierte su carga hasta un valor máximo. En el último cuarto, cuando la tensión vuelve a caer a cero, la corriente se invierte y la carga del capacitor cae a cero.

En la figura 13 tenemos la representación del proceso que ocurre en un ciclo y que se repite indefinidamente en cada ciclo de alimentación. Como se tienen 50 ciclos en cada segundo, el capacitor se carga y descarga positivamente primero y luego negativamente, 50 veces por segundo.

Fig. 13



Al revés de lo que ocurre cuando la alimentación es con corriente continua, en la que, una vez cargado, cesa la circulación de corriente; con corriente alterna ésta queda en forma permanente en circulación por el capacitor, carga y descarga con la misma frecuencia de la red. La intensidad de la corriente de carga y descarga va a depender del valor del capacitor y también de la frecuencia de la corriente alterna.

Cuanto mayor es la capacidad del capacitor, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente es entonces directamente proporcional a la capacidad) y cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la intensidad de la corriente (la corriente también es proporcional a la frecuencia). Entonces se verifica que el capacitor, alimentado con corriente alterna, se comporta como si fuese una ***"resistencia"*** y permite mayor o menor circulación de corriente en función de los factores explicados antes.

Como el término ***"resistencia"*** no es el adecuado para el caso pues no se trata de un valor fijo, como en el caso de los resistores, sino que varía con la frecuencia y no es sólo inherente al componente, se prefiere decir que el capacitor presenta una "reactancia" y en el caso específico del capacitor, una "reactancia capacitiva" (abreviada Xc).

Podemos, entonces, redefinir la reactancia capacitiva así:

"Se denomina reactancia capacitiva (Xc) a la oposición que un capacitor ofrece a la circulación de una corriente alterna."

Para calcular la reactancia capacitiva, se tiene la fórmula siguiente:

$$XC = \frac{1}{2 \,.\, 3{,}114 \,.\, f \,.\, C} \qquad (1)$$

Donde,

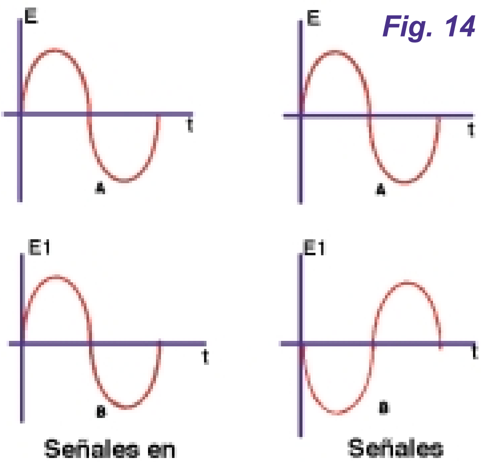
Xc es la reactancia medida en ohm.

3,14 es la constante pi (π)

f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.

C es la capacidad del capacitor en farad.

El valor "**2 . 3,14 . f**" puede representarse con la letra omega (ω) y este valor se llama ***"pulsación"***. La fórmula de la reactancia capacitiva



Señales en Fase

Señales Desfasadas

Fig. 14

queda entonces:

$$X_C = \frac{1}{\omega \,.\, C} \qquad (2)$$

* La reactancia capacitiva es menor cuanto más alta es la frecuencia, para un capacitor de valor fijo.

Puede decirse que los capacitores dejan pasar con más facilidad las señales de frecuencias más altas.

* La reactancia capacitiva es menor en los capacitores de mayor valor, para una frecuencia constante. Puede decirse que los capacitores mayores ofrecen menos oposición al pasaje de las corrientes alternas.

Fase en un Circuito Capacitivo=

Dos señales pueden estar en fases diferentes o en concordancia de fase, conforme sus formas de onda coincidan por superposición en un instante dado y siempre que tengan la misma frecuencia (figura 14).

Podemos hablar también de la diferencia de fase entre dos señales de corriente alterna y entre una corriente alterna y una tensión si llegaran a los puntos de máximo (o de mínimo) en distintos instantes.

Esta diferencia entre los instantes nos da la diferencia de fase que puede expresarse con un ángulo como muestra la figura 14.

Si dos señales estuvieran en concordancia de fase, es evidente que la diferencia sería cero. Si la diferencia fuera de 90 grados, diremos que las señales están en cuadratura y si fuera de 180 grados, diremos que las señales están en oposición de fase.

Conectando un resistor en un circuito de corriente alterna, es evidente que siendo la tensión la causa y la corriente el efecto, deben estar en concordancia de fase, es decir, cuando la tensión aumenta, la corriente debe aumentar en la misma proporción . Pero si conectamos un capacitor en un circuito de corriente alterna, las cosas no suceden de este modo.

Si consideramos un capacitor de capacidad C conectado a un generador de corriente alterna cuya tension esté dada por ***E = Eo sen ωt,*** veremos que la diferencia de potencial entre las placas del capacitor varía con el tiempo.

La corriente estar ADELANTADA 90 grados respecto de la tensi n .

Reactancia Inductiva

Cuando conectamos un inductor de inductancia L a un generador de corriente alterna, durante el primer cuarto del ciclo, la tensión sube a cero hasta el valor máximo qe corresponde a una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. En estas condiciones, comienza a circular una corriente por el inductor que crea el campo magnético, hasta su máximo. En el segundo cuarto, la tensión cae a cero lo que también es una variación a la que el inductor se opone. Pero aun así, el campo magnético se contrae hasta desaparecer. En el tercer cuarto, la tensión invierte su polaridad y aumenta de valor hasta un máximo negativo; variación a la que el inductor se opone pero lo hace estableciendo un campo magnético que se expande. Finalmente, en el último cuarto, encontramos oposición del inductor a la circulación de la corriente. Las líneas de fuerza se contraen durante este cuarto de ciclo.

En realidad, según veremos va a existir un pequeño atraso en esta retracción de las líneas.

Lo importante es observar que mientras en el circuito de corriente continua, una vez establecido el campo, la resistencia (oposición) desaparecía y la corriente circulaba libremente, en este caso la oposición es permanente.

En la figura 15 se ve la representación de este proceso.

Vea entonces que se establece un campo magnético alterno en el inductor que varía constantemente en intensidad y polarización.

La oposición constante manifestada por el inductor a las variaciones de la tensión va a depender tanto de la inductancia como de la frecuencia de la corriente.

Cuanto mayor sea la inductancia, mayor será la oposición a la circulación de la corriente.

El inductor también se comporta como una "resistencia" a la circulación de la corriente alterna, pero el término resistencia tampoco cabe en este caso pues no es algo inherente sólo al componente sino también a las características de la tensión aplicada.

Nos referimos entonces a reactancia inductiva, representada por XL, como la oposición que un inductor presenta a la circulación de una corriente alterna. La reactancia inductiva se mide en ohms como la reactancia capacitiva y puede calcularse mediante la siguiente fórmu-

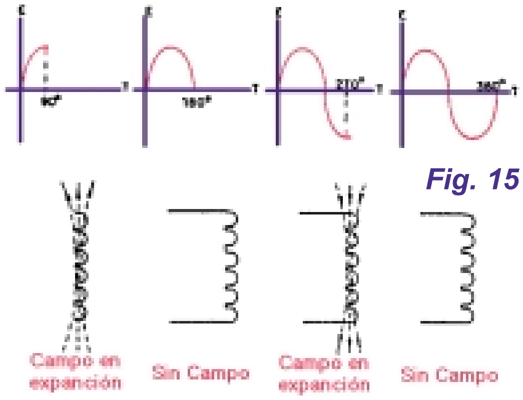


Fig. 15

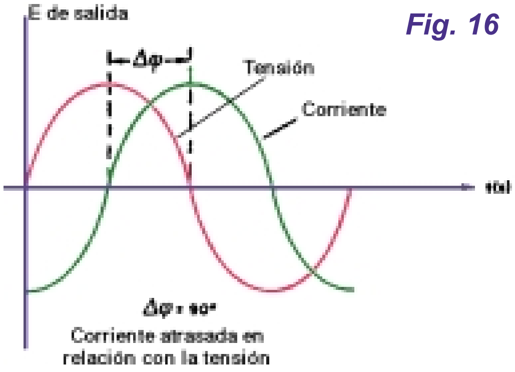


Fig. 16

la:

$$XL = 2\ .\ 3{,}14\ .\ f\ .\ L \qquad (3)$$

Donde:

XL es la reactancia inductiva en ohms

3,14 es la constante pi (π)

f es la frecuencia de la corriente alterna en hertz.

L es la inductancia en henry.

Como la expresión "2 . 3,14 . f" puede expresarse como "ω" (pulsación), podemos escribir:

$$XL = \omega\ .\ L \qquad (4)$$

Tenemos finalmente las propiedades de los inductores en los circuitos de corriente alterna:

* La reactancia inductiva es tanto mayor cuanto mayor sea la frecuencia. Puede decirse que los inductores ofrecen una oposición mayor a las corrientes de frecuencias más altas.

* la reactancia inductiva es mayor para los inductores de mayor valor para una frecuencia determinada. Los inductores de mayor valor ofrecen una oposición mayor a la circulación de corrientes alternas.

Fase en el Circuito Inductivo

Si conectamos un inductor a un circuito de corriente alterna, la corriente no estará en fase con la tensión.

* La corriente tiene la misma frecuencia que la tensión.

* La corriente tiene su fase atrasada 90 grados (π/2) en relación a la tensión.

El gráfico de la figura 16 muestra lo que ocurre con la tensión respecto de la corriente .

QUE ES UNA SEÑAL?

En los circuitos electrónicos aparecen corrientes de distintos tipos: continuas puras, continuas pulsantes y alternas con diversas formas de onda. En el caso específico de los aparatos de sonido, por ejemplo, las formas de onda son "retrasos" del sonido que debe reproducirse y que aparecen en una amplia variedad de formas de onda y de frecuencias.

Las corrientes con que trabajan los circuitos —amplificadoras, productoras, reproductoras o captadoras— se denominan señales. Encontramos, en los circuitos electrónicos, señales que pueden ser desde simples corrientes continuas hasta señales cuyas frecuencias pueden llegar a centenas de millones de hertz.

¿Es importante conocer las fórmulas solamente o saber deducirlas?

La deducción de una fórmula se hace para demostrar su validez, mediante la descripción de un fenómeno y de un raciocinio lógico. En la deducción de algunas de las fórmulas que presentamos, utilizamos el cálculo diferencial e integral, que el lector no necesita conocer. En estos casos, aunque la deducción no se comprenda bien, bastará que el lector sepa la fórmula pues le será de utilidad en cálculos futuros.

Sugerimos que los lectores que tengan dificultades con matemáticas y que deseen profundizar sus estudios de electrónica, estudien algo más de esa ciencia importante.

Tiristores y Otros Dispositivos de Disparo

Los Tiristores

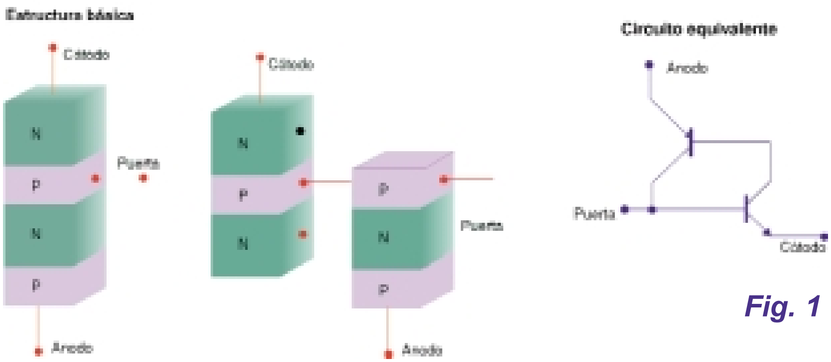
Los tiristores funcionan como una especie de interruptor del control electrónico y se emplean precisamente para controlar grandes corrientes de carga en motores, calentadores, sistemas de iluminación y demás circuitos similares. Internamente están conformados por cuatro capas de material semiconductor; algunas de sus secciones se conectan de manera externa a terminales conductoras.

Rectificador Controlado de Silicio

El SCR o Rectificador Controlado de Silicio, es un dispositivo semiconductor de cuatro capas con tres terminales externas llamadas ***cátodo*, *ánodo* y *compuerta***; cada una de éstas se encuentra conectada a una sección del semiconductor.

Un SCR se comporta como un interruptor; al aplicarle la alimentación por primera vez, se encontrará abierto; pero si se aplica un pulso de disparo a la terminal compuerta, se cerrará (permitiendo así que la corriente eléctrica lo atraviese). Esto es, si el SCR se conecta en serie con una batería y un resistor, el dispositivo resultante será considerado como un diodo en polarización directa; esto significa que se mantiene en estado de no-conducción. Para que el dispositivo inicie la conducción, es necesario un pequeño pulso de tensión en el terminal compuerta; esto lo mantendrá en conducción, a menos que la corriente que lo atraviesa disminuya por debajo de un cierto valor crítico (figura 1).

El circuito equivalente del SCR se comporta como un interruptor abierto, cuando se polariza con una batería VCC y en serie con una resistencia de carga RC. Como los transistores no están polarizados correctamente, no conducen; en consecuencia, no circula corriente eléctrica a través del circuito. Para que la corriente fluya, se necesita aplicar un pulso de dis-


Para comprender mejor el funcionamiento del SCR, lo podemos dividir en dos partes: el circuito parece estar formado por dos transistores: un PNP y un NPN. Por lo que el circuito equivalente para un SCR se forma con dos transistores.

Estructura básica

Circuito equivalente

Fig. 1

Circuito equivalente del SCR en estado de no-conducción

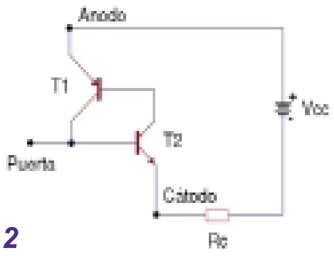
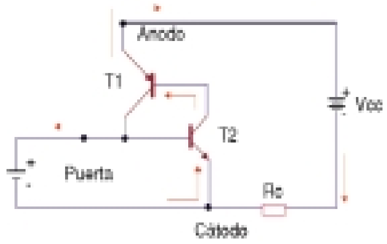


Fig. 2

Y su polarización del disparo a la terminal compuerta

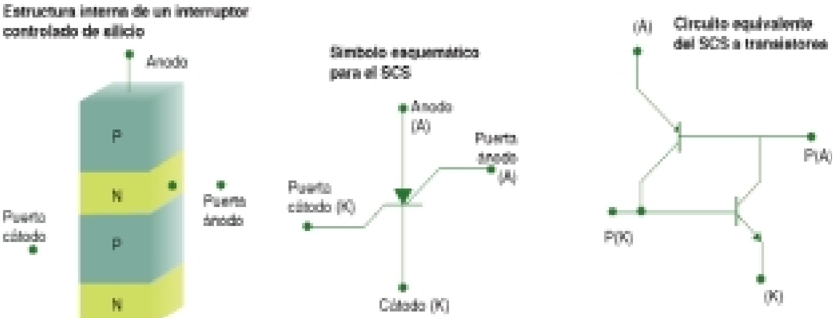


paro a la terminal compuerta; puede ser aplicado por medio de una batería VP. La batería polariza directamente la unión Base-Emisor del transistor T2, poniéndolo así en estado de saturación. La corriente de colector de T2 ingresa a la base del transistor T1, polarizando también la unión Emisor-Base; esto provoca que T1 esté en saturación (figura 2).

Si se dan las condiciones arriba señaladas, el voltaje de VP ya no será necesario; por lo que al retirar éste, el circuito se mantendrá en conducción. La corriente de colector de T2 mantiene polarizada directamente la unión Base-Emisor de T1; a su vez, la corriente de colector de T1 mantiene la polarización directa de la unión Base-Emisor de T2. Cuando esto sucede, el dispositivo se comporta como un interruptor cerrado. Desconectando la alimentación de la fuente Vcc el SCR va al estado de corte. Otra forma de hacer que el circuito se "abra", consiste en aplicar un pulso negativo a la compuerta (base de T2).

INTERRUPTOR CONTROLADO DE SILICIO

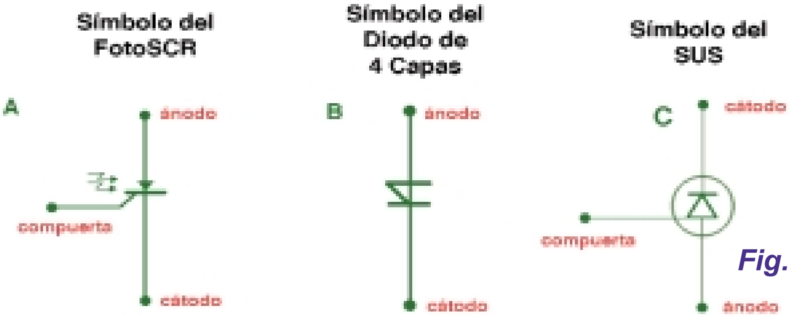
El interruptor controlado de silicio o SCS (***Silicon Controlled Switch***), es una versión modificada del SCR; está formado por cuatro capas de material semiconductor dopado, donde cada una de las secciones se conecta a una terminal. Este dispositivo se comporta de manera similar al SCR, con la diferencia de que puede ser disparado por medio de cualquiera de las dos compuertas (ánodo y cátodo); además, está diseñado para trabajar con corrientes eléctricas pequeñas del orden de los miliampers (figura 3).


Estructura interna de un interruptor controlado de silicio

Símbolo esquemático para el SCS

Circuito equivalente del SCS a transistores

Fig. 3


Símbolo del FotoSCR

Símbolo del Diodo de 4 Capas

Símbolo del SUS

Fig. 4

FotoSCR (fig. 4a)

Es un dispositivo con tres terminales; su encapsulado en la parte superior dispone de una lente que permite el paso de la luz, para iluminar el semiconductor que forma al fotoSCR. La luz incidente en el semiconductor provoca la liberación de los electrones en la compuerta. Estos electrones forman una corriente eléctrica suficiente para lograr que el fotoSCR conmute al estado de conducción, si es que el dispositivo se encuentra en polarización directa.

Diodo de Cuatro Capas (fig. 4b)

El ***diodo Shockley*** o diodo de cuatro capas conduce la corriente cuando se le aplica una tensión de polarización en sentido directo. La estructura de este dispositivo es de cuatro capas de material semiconductor, en cuyos extremos se ha colocado un par de terminales externas. Se considera un diodo, porque dispone de dos terminales (no confundir con el diodo *Schottky);* también se le conoce como diodo PNPN. La única forma de hacer que el diodo deje de conducir, es reduciendo la corriente que lo atraviesa hasta un valor inferior a la corriente de mantenimiento (valor mínimo de corriente requerido para que el dispositivo se mantenga en estado de conducción).

SUS (fig. 4.c)

El interruptor unilateral de silicio o SUS (***Silicon Unilateral Switch***), es un dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica en un solo sentido cuando la tensión aplicada a sus terminales en sentido directo supera cierto valor. Es muy parecido al diodo *Shockley,* con la diferencia que posee un terminal extra de disparo con la que se controla la condición de disparo en la que opera . Un SUS opera con valores de tensión y corriente eléctrica bajos.

TRIAC

El TRIAC es un dispositivo semiconductor bidireccional con tres terminales; o sea, puede conducir la corriente eléctrica en ambos sentidos. Las terminales ánodo y cátodo se han cambiado por MT1 y MT2, que es la abreviatura de Terminal Principal 1 y Terminal Principal 2.

El circuito equivalente para el TRIAC se puede formar con dos SCR en paralelo, pero con sus polaridades invertidas (figura 5). Cuando se aplica el pulso de activación en el terminal compuerta, no importa la polaridad aplicada a las terminales MT; la razón, es que uno de los dos SCR se encontrará polarizado directamente y conducirá.

Si el SCR1 se encuentra polarizado en forma inversa y el SCR2 en forma directa cuando se aplica el pulso a la compuerta G, solamente este último conducirá. Si se invierte la polaridad de la batería y se aplica el pulso de disparo nuevamente en la compuerta G, sólo el SCR1 conducirá.

El efecto total del dispositivo es el de permitir el paso de la corriente eléctrica, independientemente de la polaridad de la tensión aplicada en las terminales MT.

Los parámetros a considerar cuando se elige un TRIAC, son iguales a los utilizados para el SCR; la única diferencia es que el VRRM o voltaje inverso no existe en el caso de los TRIAC's, debido a que no importa la polaridad en sus extremos.

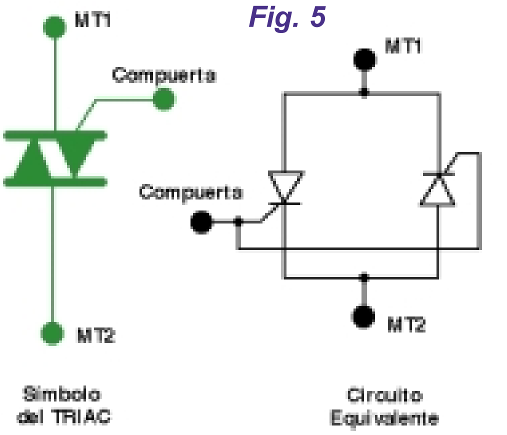


Fig. 5

DIAC

El DIAC o diodo bidireccional de disparo (Diodo de Corriente Alterna, por su nombre en inglés) es un dispositivo semiconductor muy parecido al diodo *Shockley,* con la diferencia de que permite el paso de la corriente eléctrica en ambos sentidos; también tiene un valor de voltaje de conducción (*breakover*) que es el mismo en ambos sentidos. El circuito equivalente del DIAC es un par de diodos *Shockley* en paralelo, pero con polaridades opuestas. Cuando se aplica una tensión en los extremos del DIAC, éste se mantiene en estado de noconducción mientras no se supere la tensión nominal de conducción. Por ser un dispositivo de tipo bidireccional, es utilizado como disparador de compuerta en los TRIAC's.

SBS

Es un dispositivo de control para el disparo de la compuerta en TRIAC's. Tiene la propiedad de conducir la corriente eléctrica en ambos sentidos; cuando la tensión alcanza el valor de conducción, a diferencia de un DIAC, el SBS adquiere un voltaje de conducción mucho más pequeño. Está formado por un conjunto de dispositivos discretos, y se fabrica más bien como un circuito integrado; además, cuenta con una terminal extra llamada ***compuerta*** que proporciona mayor flexibilidad en el disparo.

SIDAC

El disparador bilateral de alto voltaje o SIDAC, es un dispositivo electrónico de reciente aparición. Permite la manipulación de voltajes altos de disparo, lo que amplía la gama de aplicaciones de los dispositivos disparadores; de esta manera, se ahorran gastos en componentes extras que serían necesarios para ciertas clases de circuitos.

UJT

El UJT o transistor uniunión (*Unijunction Transistor*), es utilizado como dispositivo de disparo. Se trata de un elemento semiconductor de conmutación por ruptura, muy utilizado en circuitos industriales, temporizadores, osciladores, generadores de onda y como circuitos de control de compuerta para TRIAC y SCR. La zona P del emisor está altamente dopada, mientras que la zona N del semiconductor tiene un dopado pequeño. Cuando el emisor del transistor no se encuentra conectado a ningún circuito externo, la resistencia entre las terminales Base 1 y Base 2 es de unos 4,000 a 10,000Ω. Este dispositivo tiene la característica de presentar resistencia negativa; es decir, a un aumento de corriente se sucede una disminución de voltaje en las terminales del mismo. ******************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y Oscar Montoya Figueroa.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

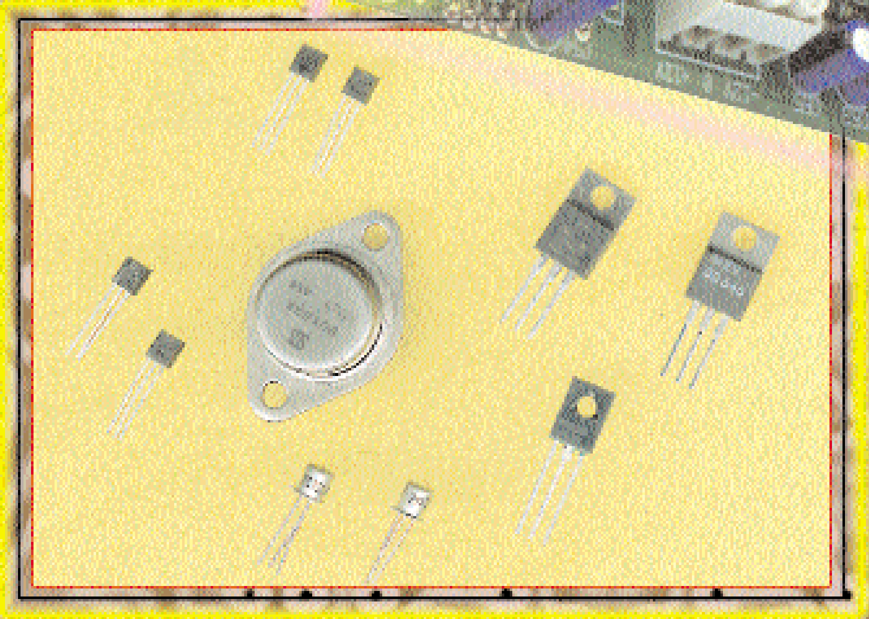
Amplificadores

con transistores

6

El Mundo de la Electrónica

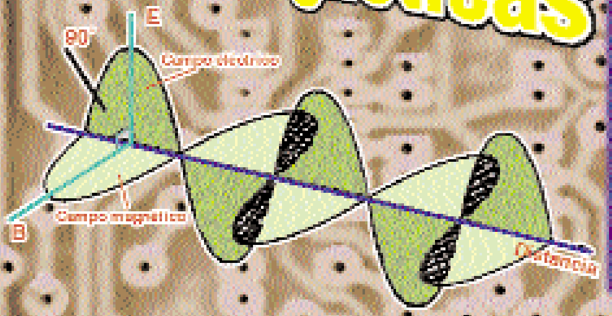
TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

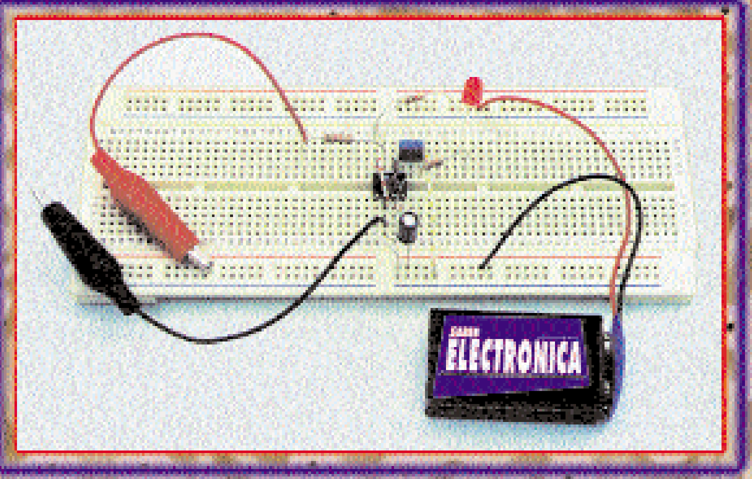


ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

Las Ondas Electromagnéticas


90°
E
Campo eléctrico
B
Campo magnético
Distancia


SABER
ELECTRONICA

Fundamentos Físicos de la Reproducción del Sonido

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 6

LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS

La naturaleza de las ondas electromagnéticas 83
Polarización..........84
Frecuencia y longitud de onda..........84
El espectro electromagnético y las ondas de radio..........85
Espectro electromagnético..........85

EL TRANSISTOR COMO AMPLIFICADOR

AMPLIFICADORES CON TRANSISTORES

Configuraciones circuitales básicas..........87
El amplificador base común..........87
El amplificador emisor común..........87
El amplificador colector común..........90
Recta estática de carga..........91
Recta dinámica de carga..........92
Cálculo de los capacitores de paso..........92
Acoplamientos interetapas..........93
- a) Acoplamiento RC..........93
- b) Acoplamiento a transformador..........93
- c) Acoplamiento directo..........94

FUNDAMENTOS FISICOS DE LA REPRODUCCION DEL SONIDO

Propagación de las vibraciones u ondas..........94
La onda de sonido..........95
Características físicas..........95
- Frecuencia o tono..........95
- Amplitud..........95
- Intensidad..........95
- Timbre..........95

Velocidad del sonido..........96
Reproducción del sonido..........96
Tipos de reproductores acústicos..........96

Cupón Nº 6
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 6

Las Ondas Electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas fueron previstas antes de ser descubiertas. En verdad, las ecuaciones de Maxwell que describían los campos magnéticos preveían también la existencia de radiaciones, de la misma naturaleza que la luz, y que se propagaban en el espacio con una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.

Las ecuaciones de Maxwell fueron presentadas en 1865, pero solamente en 1887 Hertz consiguió comprobar la existencia de "ondas electromagnéticas" según las ya previstas y las produjo en su laboratorio.

No nos preocuparemos tanto del aspecto histórico del descubrimiento, como del estudio de su naturaleza, pero también añadiremos algunos datos importantes del pasado relacionados con la investigación y su utilización.

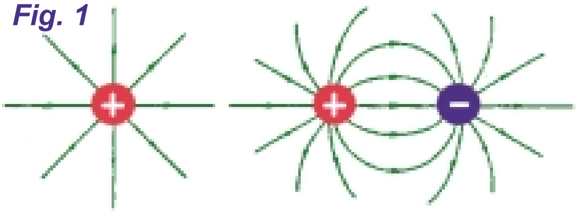
La Naturaleza de las Ondas Electromagnéticas

Una carga eléctrica, o un cuerpo cargado, es responsable por una perturbación en el espacio que lo rodea y que denominamos ***"campo eléctrico***", como muestra la figura 1.

Vimos que podríamos representar esta "influencia; por medio de líneas imaginarias, denominadas líneas de fuerza. (El uso de las líneas de fuerza fue propuesto por Faraday).

Las líneas de fuerza realmente no existen, pero pueden ayudar a evaluar el comportamiento de la "influencia" de la carga en el espacio. La influencia es mayor en los puntos en que las líneas son más concentradas.

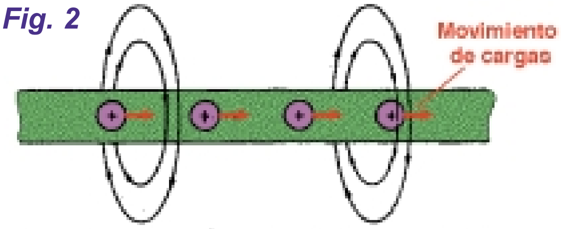
Fig. 1



Campo de una carga esférica

Campo de un dipolo

Fig. 2



Campo magnético de una corriente

Del mismo modo, estudiamos otro tipo de influencia causado por cargas en movimiento, o sea, por las corrientes eléctricas, que difería mucho del campo eléctrico, y que fue denominado ***"campo magnético"***.

También representábamos el campo magnético por medio de líneas de fuerza pero de una forma bien diferente: las líneas eran concéntricas, envolviendo la trayectoria de las cargas (figura 2).

El tipo de influencia para los dos campos también se diferencia: el campo eléctrico actúa sobre cualquier cuerpo cargado, atraen o repelen conforme a la polaridad, mientras que el campo magnético actúa sobre determinados materiales, independientemente de su carga, atraen (materiales ferrosos) o repelen (materiales diamagnéticos).

¿Qué ocurriría con una carga eléctrica que, al mismo tiempo, pudiera producir un campo eléctrico y un campo magnético?

Para explicar este fenómeno importante, vamos a imaginar una carga eléctrica que pueda entrar en vibración alrededor de un punto, o sea que pueda "***oscilar***" como muestra la figura 3.

Partiendo entonces de una posición inicial en que la misma se encuentre detenida, sólo existe campo eléctrico a su alrededor, como muestra la figura 4.

El campo magnético es nulo, pues la carga se encuentra en reposo. El campo eléctrico, a su vez, es máximo.

A medida que la carga se desplaza hacia la posición central, el campo eléctrico se reduce, mientras que el campo magnético aumenta. En el medio de la trayectoria, cuando la velocidad es máxima, el campo magnético también es máximo, mientras que el campo eléctrico se reduce a cero (mínimo, figura 5).

En dirección al otro extremo de la trayectoria, la velocidad se reduce gradualmente, con lo que se reduce también el campo magnético. El campo eléctrico vuelve a aumentar de intensidad (figura 6).

Fig. 3

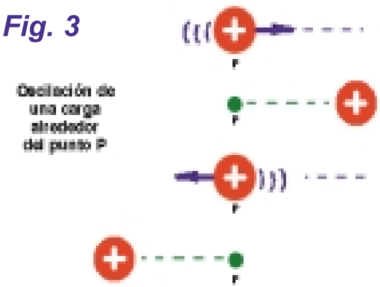


Fig. 4

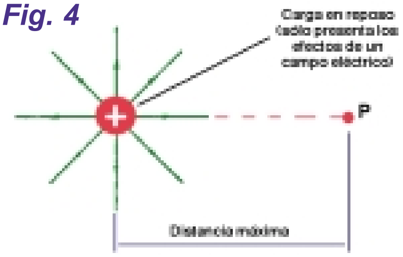

Carga en reposo (sólo presenta los efectos de un campo eléctrico)
P
Distancia máxima

Fig. 5

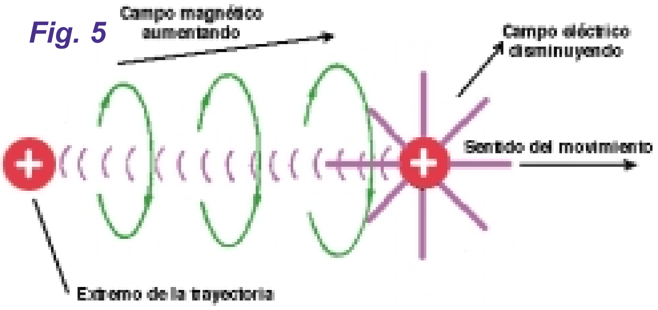

Campo magnético aumentando
Campo eléctrico disminuyendo
Sentido del movimiento
Extremo de la trayectoria

Fig. 6

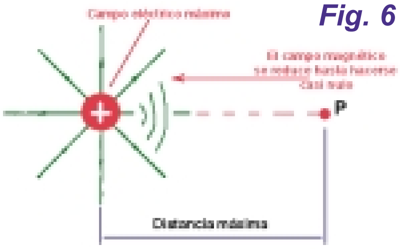
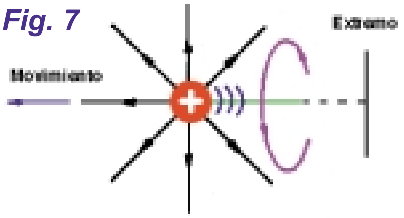

Campo eléctrico máximo
El campo magnético se reduce hasta hacerse casi nulo
P
Distancia máxima

Fig. 7


Extremo
Movimiento

A medida que disminuye el campo eléctrico, aumenta el campo magnético

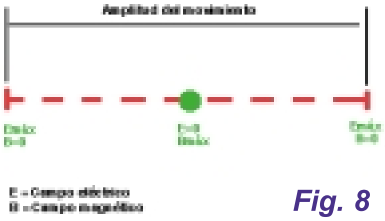

Amplitud del movimiento
Emáx
B=0
E=0
Bmáx
Emáx
B=0
E = Campo eléctrico
B = Campo magnético

Fig. 8

Cuando la carga llega al extremo de la trayectoria, por algunos instantes se detiene para invertir el movimiento. En este instante, el campo eléctrico nuevamente es máximo y el campo magnético se reduce a cero (figura 7).

En la inversión del movimiento, tenemos nuevamente el crecimiento de la intensidad del campo magnético hasta el medio de la trayectoria y la reducción al mínimo del campo eléctrico y después, hasta el extremo, el aumento del campo eléctrico y la disminución del campo magnético. Vea entonces que, en esta ***"oscilación",*** el campo magnético y el eléctrico se alternan (figura 8).

Hay un desfasaje de 90 grados entre los dos campos.

El resultado de este fenómeno es la producción de una perturbación única que se propaga por el espacio con velocidad finita.

Vea que existe un tiempo determinado de contracción de las líneas de fuerza tanto del campo eléctrico como del magnético, así como para la expansión.

Así, independientemente de la velocidad con que la carga oscile, o sea, de su frecuencia, la velocidad con que la perturbación se propaga es bien definida y constante.

Se puede demostrar que esta perturbación se propaga en el vacío a una velocidad de 2,997793 x 10^{10} centímetros por segundo, o, redondeando hacia arriba, ¡300.000 kilómetros por segundo!

Esta perturbación da origen a lo que denominamos "onda electromagnética".

Polarización

Para representar una onda electromagnética precisamos tener en cuenta tanto su componente eléctrica como magnética, pues, como vimos, la misma corresponde a una "***alternancia***" entre los dos campos.

Para esta finalidad, hacemos uso de la representación mostrada en la figura 9. El campo eléctrico varía según el eje E con semiciclos tanto positivos como negativos, mientras que el campo magnético varía según el eje H, también como semiciclos positivos y negativos.

Cuando deseamos recibir una onda electromagnética, lo que tenemos que hacer es interceptarla de modo de tener una corriente en un conductor que pueda ser amplificada y trabajada por circuitos especiales. Esto se hace, por ejemplo, mediante una antena que no es más que un alambre conductor colocado en el camino de la onda (figura 10).

Para que ocurra la inducción de una corriente en esta antena, la misma debe ser colocada de determinada forma. Si los lectores observaran las antenas de televisión de su localidad, podrán tener una idea de la necesidad de esta colocación.

¿Por qué las antenas no se ponen en posición tal que las varillas estén en forma vertical como muestra la figura (B) 11, y sí como en (A) figura 11?

¡Esto ocurre porque la polarización de las ondas se hace horizontalmente, no verticalmente!

FRECUENCIA Y LONGITUD DE ONDA

Para una corriente alterna, la frecuencia se define como el número

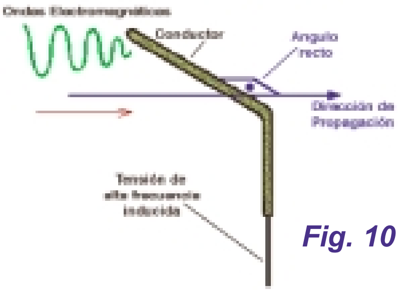

Ondas Electromagnéticas
Conductor
Angulo recto
Dirección de Propagación
Tensión de alta frecuencia inducida

Fig. 10

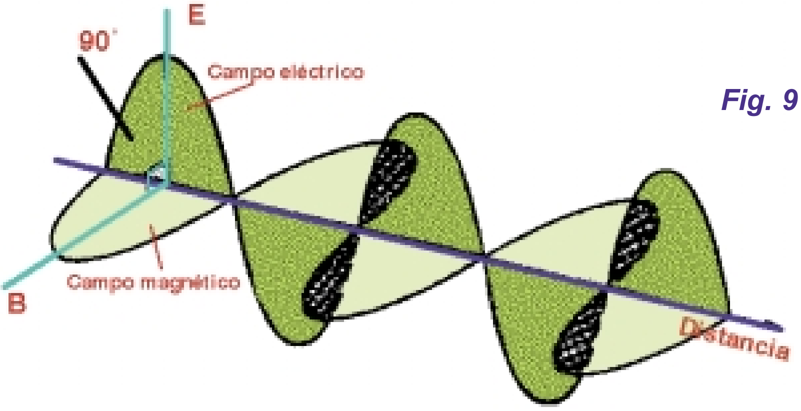

E
90°
Campo eléctrico
Campo magnético
B
Distancia

Fig. 9

Fig. 11

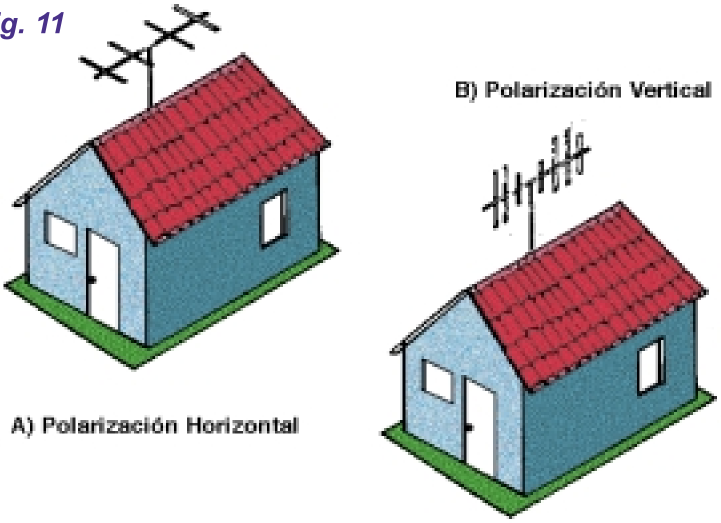


Fig. 12

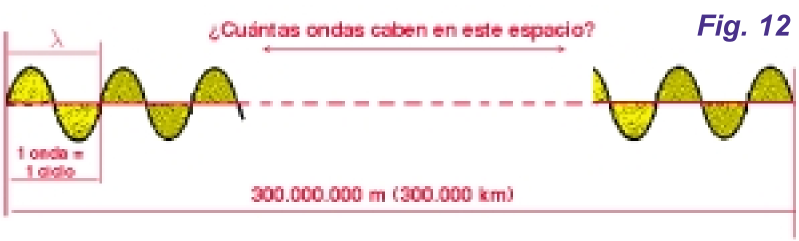
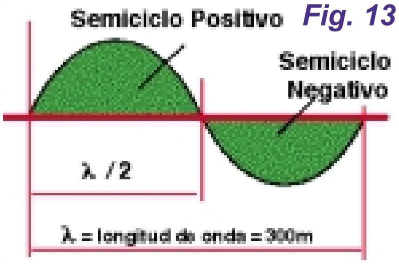

¿Cuántas ondas caben en este espacio?
λ
1 onda = 1 ciclo
300.000.000 m (300.000 km)

Fig. 13



de veces en que ocurre la inversión de su sentido de circulación. La frecuencia es numéricamente igual a este valor y es dada en hertz, cuya abreviatura es Hz. En el caso de una onda electromagnética, su frecuencia es dada por el número de vibraciones por segundo de la carga (o cargas) que la producen, siendo numéricamente igual a este valor y también medida en hertz.

Si una onda electromagnética fuera producida por una carga que vibra a razón de 1.000.000 de veces por segundo, la frecuencia de esta radiación será de 1MHz.

El espectro electromagnético es el conjunto de frecuencias en que puede haber radiaciones electromagnéticas y es muy extenso, se analizará más adelante. Para una determinada radiación electromagnética, además de la frecuencia, podemos definir otra magnitud, que es la longitud de onda.

Tomemos como ejemplo una radiación electromagnética cuya frecuencia sea de 1MHz, o sea, 1.000.000Hz.

En un segundo, partiendo de la fuente emisora, o sea, las cargas que oscilan, las ondas recorren un espacio de 300.000 kilómetros, pues ésta es su velocidad, como muestra la figura 12. Podemos percibir entonces que las ondas individualmente, o cada oscilación divide el "espacio" de 300.000 kilómetros o 300.000.000 metros. Cada onda, entonces, "se quedará" con un espacio de 300 metros, o sea, tendrá una "longitud" que equivale a 300 metros (figura 13).

Para las ondas electromagnéticas es común expresar su naturaleza tanto por la frecuencia como por su longitud de onda. Hablar de una radiación de 1 MHz es, pues, lo mismo que hablar de una radiación de 300 metros. Podemos fácilmente calcular la longitud de onda de cualquier radiación, conocida su frecuencia por la fórmula:

$$v = L x f \qquad (2)$$

Donde: v es la velocidad de propagación (300.000.000 m/s); L es la longitud de onda en metros; f es la frecuencia en Hertz.

¿Cuáles son las frecuencias que dan origen a las ondas electromagnéticas?

¿Qué tipo de naturaleza tiene cada radiación en función de su frecuencia?

Si distribuimos las ondas electromagnéticas de acuerdo con su frecuencia o longitud de onda, veremos que, para cada sector de esta distribución, tendremos comportamientos diferentes. Las radiaciones de longitudes de ondas menores tienen comportamientos bien diferentes de las de mayores longitudes. Su propia utilización es distinta.

Llamamos espectro a la distribución de las diversas frecuencias de radiaciones electromagnéticas, y en el caso es un espectro continuo, pues no existen saltos entre los valores que las mismas pueden asumir.

El espectro de las radiaciones electromagnéticas, en verdad, se extiende de 0 a infinito, ¡ya que se conocen fuentes que emiten "señales" de frecuencias tan elevadas como 10^{23}Hertz, o sea 1 seguido de 23 ceros!

Vamos al análisis del espectro:

Espectro electromagnético

Frecuencia: 0 a 20kHz
Denominación: ondas eléctricas acústicas

La longitud de onda varía entre el infinito y 15.000 metros. En verdad, estas ondas no tienen mucha "penetración" en el espacio, siendo usadas para la transmisión de energía por cable, o en la producción de sonidos.

Frecuencia: 20kHz a 30kHz
Denominación: VLF (Very Low Frequency = frecuencia muy baja)

Las ondas electromagnéticas de esta banda, de 15.000 a 10.000 metros, pueden ser usadas en los servicios de telecomunicaciones a larga distancia, pues siendo muy estables, no están influenciadas por la hora del día ni por las estaciones del año.

Vea el lector que el Sol es un "enemigo" de las ondas electromagnéticas, pues la radiación que él emite también puede influenciar su propagación y dificultar el uso de determinados tipos de ondas de radio, como ésta, en mayor o menor intensidad.

Frecuencia: 30kHz a 300kHz
Denominación: LF (Low Frequency = baja frecuencia)

Pueden ser usadas en servicios de radiocomunicaciones de larga distancia, como por ejemplo en comunicación naval, o incluso para ayudar en navegación al orientar naves y aviones. Estas ondas ya son más afectadas en su propagación que las de la banda anterior, pues, según la hora del día y la estación del año, pueden ocurrir pequeñas atenuaciones.

Frecuencia: 300kHz a 3.000kHz
Denominación: MF (Medium Frequency = frecuencia media)

Las ondas de esta banda, que son ondas de radio, tienen longitudes entre 1.000 y 100 metros, pudiendo ser usadas en diversos tipos de servicios de comunicación, como por ejemplo, la propia radiodifusión (AM), comunicaciones entre aeronaves, barcos, policía, etc. Estas radiaciones son influenciadas por la hora del día: su alcance es mayor durante la noche y menor durante el día. Igualmente, en invierno la atenuación es menor que en verano.

Frecuencia: 3.000 kHz a 30 MHz
Denominación: HF (High Frequency = alta frecuencia)

También tenemos aquí ondas de radio cuya longitud de onda estará entre 100 metros y 10 metros. Estas ondas pueden usarse en comunicaciones de larga distancia, en determinados horarios del día y en dependencia de las estaciones del año.

Lo que ocurre es que estas ondas pueden ser reflejadas por las capas altas de la atmósfera (la ionosfera), así vencen el problema de la curvatura de la Tierra. Las ondas de esta banda son utilizadas por las estaciones de radiodifusión, radioaficionados, y servicios diversos de comunicación a distancias largas y medianas.

Frecuencia: 30MHz a 300MHz
Denominación: VHF (Very High Frequency = frecuencia muy alta)

Son también ondas de radio cuya longitud de onda estará entre 10 metros y 1 metro. Estas ondas se propagan en línea recta, como las demás, pero son influenciadas fuertemente por la presencia de obstáculos. Así, no podemos usarlas en servicios que sobrepasen la línea visual o línea del horizonte. Las ondas de esta banda son usadas en servicios de radiodifusión (FM), televisión, comunicaciones a distancias cortas y medianas como por ejemplo policía, aviación, etc.

Frecuencia: 300MHz a 3.000MHz
Denominación: UHF (Ultra High Frequency = frecuencia ultra alta)

Estas ondas de radio tienen longitudes de onda entre 1 metro y 10 centímetros. Son pues ondas muy cortas de comportamiento semejante al VHF, con la diferencia que son mucho más afectadas por obstáculos. Estas ondas son usadas en TV, radar, comunicaciones a distancia corta y mediana.

Frecuencia: 3GHz a 30.000MHz
Denominación: SHF (Super High Frequency = frecuencia super alta)

Estas ondas tienen longitud de onda entre la banda de 10 centímetros a 1 centímetro. Estamos en el dominio de las llamadas microondas, usadas en servicios de comunicaciones en línea visual, radar, etc.

Las mismas no pueden sobrepasar obstáculos, incluso de pequeño tamaño, son pues usadas en las comunicaciones visuales, o sea, en aquéllas en que el transmisor prácticamente "ve" el receptor.

Frecuencia: 30GHz a 300GHz
Denominación: Microondas

No hay realmente una sigla para las ondas de radio en esta banda. Su longitud está entre 1 mm y 10 mm y aquí el comportamiento de las radiaciones comienza a sufrir una transición. Podemos agrupar las radiaciones de esta banda en ondas centimétricas, milimétricas, e incluso submilimétricas. Su uso es el radar; las comunicaciones por microondas también son producidas por cuerpos calentados como las lámparas de vapor de mercurio. Se trata pues de radiación cuya naturaleza comienza a estar próxima a la de la luz.

Frecuencia: 300GHz (3 x 10^{11}) a 3 x 10^{14}Hz
Denominación: Radiación infrarroja o simplemente infrarrojo. Ya tenemos aquí un tipo de radiación de comportamiento bastante semejante al de la luz visible. La radiación infrarroja es producida por cuerpos calientes. Cuando acercamos la mano a un hierro caliente, "sentimos" esta radiación a la distancia en forma de calor. Las longitudes de onda son medidas en esta banda en micrones (µ), o millonésimas de metro, o bien en otra unidad que es el Angston (Å) que equivale a 10^{-8} metros o a la millonésima parte del milímetro.

Frecuencia: 3 x 10^{14} Hz.
Denominación: Luz visible

En este punto del espectro electromagnético tenemos una forma de radiación muy importante para nosotros que es la luz que podemos ver, o luz visible. Su longitud de onda está entre 4.000 Angstrons y 7.000 Angstrons. El color de la luz que percibimos está relacionada con su frecuencia, conforme a la siguiente tabla aproximada:

Violeta - 4.000 a 4.500 Angstron
Azul - 4.500 a 5.000 Angstron
Verde - 5.000 a 5.700 Angstron
Amarillo - 5.700 a 5.900 Angstron
Anaranjado - 5.900 a 6.100 Angstron
Rojo - 6.100 a 7.000 Angstron

La particularidad más importante de esta banda del espectro está, entonces, en el hecho de que poseemos "sensores" sensibles capaces de percibir las radiaciones, que son justamente nuestros ojos.

Frecuencia: 3 x 10^{14} a 3 x 10^{17}
Denominación: radiación ultravioleta o simplemente ultravioleta.

Tenemos aquí una penetrante forma de radiación electromagnética del tipo de la luz cuyas longitudes de onda están entre 4.000 Angstron y 10^{-7} centímetros. Este tipo de radiación es producida por la vibración molecular y atómica y encuentra aplicaciones industriales de diversos tipos.

Frecuencia: 3 x 10^{17} a 3 x 10^{20} Hz
Denominación: Rayos X

Tenemos aquí una forma muy penetrante de radiación electromagnética que puede, por su longitud de onda muy pequeña, penetrar en los cuerpos materiales de diversos tipos. Esta forma de radiación es usada en medicina y en la industria de diversas formas. Cuanto menor es la longitud de onda de los rayos X, mayor es su penetración.

Frecuencia: 3 x 10^{20}Hz a 3 x 10^{21}Hz
Denominación: Rayos Gamma

Esta forma peligrosa de radiación electromagnética es producida tanto por vibraciones atómicas y moleculares como también por las reacciones nucleares. Los rayos gamma tienen enorme penetración, por lo que pueden atravesar obstáculos de concreto o plomo de bastante espesor.

Frecuencia: 3 x 10^{21} Hz y más
Denominación: rayos cósmicos

Son partículas de increíble penetración producidas por reacciones nucleares o aceleración en campos magnéticos de particulas cargadas y pueden atravesar toda la masa de la Tierra como si no existiera. Estas partículas son detectadas con dificultad, y felizmente llegan en poca cantidad a nuestro planeta.

Amplificadores con Transistores

Existen distintas configuraciones y existen varias formas de polarizar un transistor, cada una con sus ventajas y desventajas.

Se dice que un amplificador de audio es aquel que incrementa el nivel de una determinada señal que posee una frecuencia comprendida dentro del espectro audible (20Hz a 20kHz). Para el diseño de un amplificador interesan características tales como la potencia de salida, impedancia de carga, impedancia de entrada, nivel de la señal de entrada, tensión de alimentación, etc.

Configuraciones Circuitales Básicas

Básicamente, a un transistor se lo puede utilizar en tres configuraciones distintas a saber:

a- Configuración Base Común
b- Configuración Emisor Común
c- Configuración Colector Común

El Amplificador Base Común

Las principales características son:

- *Baja impedancia de entrada (entre 50 ohm y 300 ohm)*
- *Alta impedancia de salida (entre 100 kilohm y 1 Megohm).*
- *Posee alta ganancia de tensión.*
- *No posee ganancia de corriente.*
- *La señal de salida no está desfasada respecto de la de entrada.*

En la figura 1 vemos el circuito de un amplificador base común.

Si observamos el circuito, la polarización del emisor es tal que la juntura base-emisor queda en directa, constituye así un circuito de muy baja resistencia de entrada (diodo en directa) que oscila entre 50 y 300Ω, mientras que el colector queda polarizado en inversa, lo que hace que la salida tenga una resistencia elevada que oscila entre 100kΩ y 1MΩ.

La ganancia de corriente:

$$\alpha = \frac{Ic}{Ie} < 1$$

α es menor que la unidad pero se asemeja a 1; varía entre 0,98 y 0,999, pero lo que aquí importa es que la ganancia de resistencia es muy grande (aproximadamente Rs/Re = 1500) con lo cual la etapa posee gran ganancia de tensión. Existe una familia de curvas que caracterizan el funcionamiento de cada transistor en la configuración base común, y se llaman curvas características para conexión base común (o base a tierra, o base a masa).

Muchas veces es cómodo trabajar con una sola batería y para ello se polariza al transistor (figura 2). Los resistores de base Rb y Ra dan a la base una polarización positiva respecto de emisor a los fines de que la juntura BE quede polarizada en directa mientras que el colector es positivo respecto del emisor. C1 es un camino a masa para la señal alterna a los fines de obtener máxima señal sobre la resistencia de carga Rc. La señal a la salida está en fase con la señal de entrada, pues un aumento de la tensión de base provocará un incremento de la corriente de colector y, a su vez, aumentará la señal sobre Rc que es la carga (salida) del circuito. Observe que C1 es un cortocircuito para corriente alterna; anula los resistores Ra y Rb ya que no hay caída de tensión de señal alterna sobre éstos.

El Amplificador Emisor Común

En este tipo de circuito, la señal de entrada se aplica entre base y emisor del transistor. Aquí también la polarización del transistor es tal que el emisor queda polarizado en directa, condiciones imprescindibles para que el transistor funcione como tal.

Se trata de un amplificador de impedancia de entrada moderada, no muy alta impedancia de salida, posee ganancia de tensión y corriente y la señal de salida está desfasada 180° respecto de la señal aplicada a la entrada.

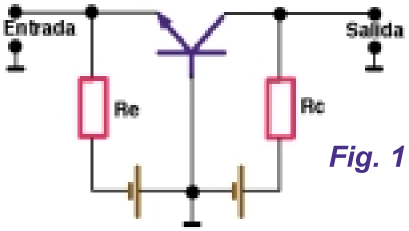


Fig. 1

Tensión de entrada = Tensión Base-emisor

Tensión de salida = Tensión Colector-Emisor

Corriente de entrada = Corriente de Base

Corriente de salida = Corriente de Colector

Desarrollemos este tema analizando el circuito de un amplificador emisor común (figura 3).

La resistencia de entrada varía con la polarización, siendo un valor normal 5.000Ω, aunque puede variar entre 100Ω y 10.000Ω, según la polarización. La resistencia de salida es moderada, es decir, unos 50.000Ω según el transistor y su polarización.

Aquí la corrriente de colector se controla con la corriente de base, de aquí que con pequeñas variaciones de la corriente de base se obtengan grandes variaciones de la corriente de colector, razón por la cual, actuando como amplificador de corriente, se define lo que se llama factor β.

Fig. 2

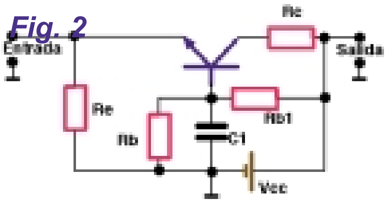
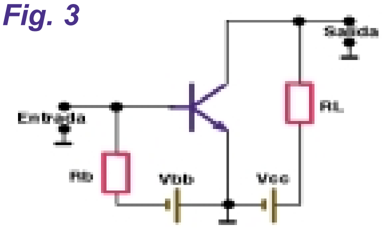


Fig. 3



$$\beta = \frac{Ic}{Ib}$$

β = Ganancia de corriente del transistor en la configuración emisor común

Por lo dicho, en un amplificador base común se utiliza el parámetro:

$$\alpha = \frac{Ic}{Ie}$$

y aquí se usa:

$$\beta = \frac{Ic}{Ib}$$

Pero la diferencia fundamental es que este circuito (emisor común) tiene ganancia de corriente y también ganancia de tensión, por lo cual se puede tener una ganancia de potencia que puede llegar a 10.000 veces (40dB), lo que lo hace muy popular. Nótese que, si al aplicar una señal de entrada aumenta la tensión de base, aumentará la Ib, lo que hará aumentar la Ic; si esto ocurre, aumentará la caída de tensión sobre RL y, por ley de Kirchhoff (que veremos en la próxima lección), disminuirá la tensión colector-emisor (tensión de salida) pues:

$$Vcc = VRL + Vce$$

Como Vcc es constante, si aumenta VRL deberá disminuir Vce. En síntesis, un aumento de la señal de entrada provocará una disminución (mayor) de la tensión de salida por lo cual hay una inversión de fase entre entrada y salida, al revés de lo que ocurría en un circuito Base-Común. Aquí también es necesario, a los fines de simplificar la construcción del circuito, polarizar al transistor con una sola batería o fuente de alimentación y para ello hay muchas formas de hacerlo; una de ellas es la denominada polarización fija, que consiste en colocar un resistor entre base y batería con el fin de polarizar la juntura base-emisor en directa (figura 4).

Para calcular el valor de la resistencia de base, basta con fijar un valor de corriente de base. Sabemos que habrá además una caída de tensión sobre RL que no debe ser demasiado alta para que el colector siga siendo positivo respecto de la base. Para hacer el cálculo de Rb se emplea la malla formada por Vcc, Rb y la juntura BE del transistor (figura 5).

Ejemplo

Si consideramos la Vbe = 0,6V y queremos una corriente de base de 50µA con una Vcc = 6V, la Rb debe ser de:

$$Rb = \frac{6V - 0{,}6V}{50 \times 10^{-6}\ A} = 108.000\Omega$$

Un valor comercial que se asemeje a este valor es 100kΩ: por lo tanto, adoptamos una Rb = 100kΩ.

Es fácil notar que, pase lo que pase, la Ib permanece constante frente a variaciones de temperatura o por cambios de transistor pues para todos los transistores Vbe = 0,6V (Si) o Vbe = 0,2V (Ge) aproximadamente.

$$\beta = \frac{Ic}{Ib}$$

Con lo cual:

$$Ic = \beta \,.\, Ib$$

Ocurre que todos los transistores "no" son iguales y su b puede variar por cambios de temperatura (además de variar entre transistores), con lo cual, si es fundamental que Ic no varíe, tendría que cambiar el valor de Rb cada vez que se cambia de transistor, lo que complica el análisis.

Esto hace que la polarización fija no sea la más adecuada, ya que es inestable frente a cambios de transistores y frente a variaciones de temperatura, por lo que resulta imposible mantener fija la corriente típica de colector.

Para solucionar en parte este problema, se utiliza la polarización automática que consiste en conectar el resistor Rb entre base y colector, que cumple la función de "sensar" la tensión entre colector y base para polarizar a ésta. Es decir, existe una realimentación desde el colector hacia la base (realimentar significa tomar una muestra de alguna parte del circuito y enviarla a otra parte del circuito con el fin de variar alguna característica del mismo). La polarización automática, aunque tiene la desventaja de disminuir la ganancia del amplificador, mejora algunas fallas de la polarización fija (figura 6). Para calcular el valor de Rb debemos saber cuál es el valor de tensión que pretendemos que exista en colector y cuál es la corriente que circulará por la base.

Fig. 4

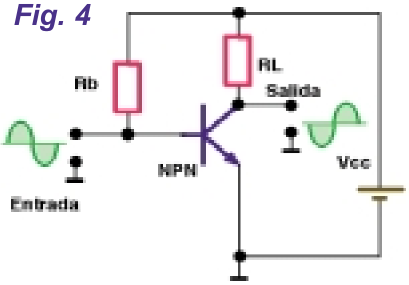


Fig. 5

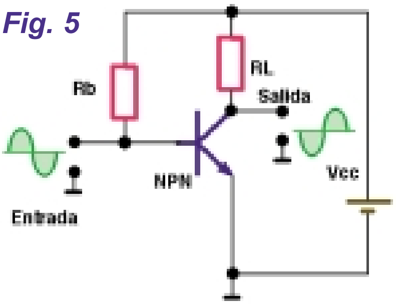


Fig. 6

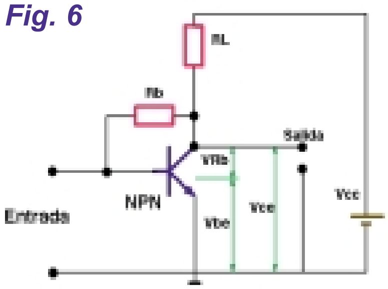
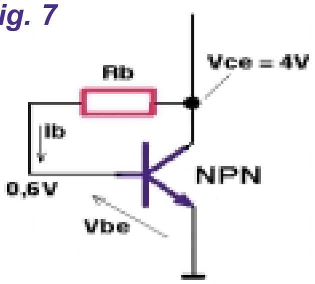


Fig. 7



Analizando el circuito y aplicando Kirchhoff puede deducirse que:

$$Rb = \frac{Vce - Vbe}{Ib}$$

Si se desea tener una tensión entre colector y emisor Vce = 4V con una corriente de base de Ib = 50µA, debemos colocar una Rb (figura 7), que se calcula:

$$Rb = \frac{4V - 0{,}6V}{50 \times 10^{-6}A} = 68.000\Omega$$

Casualmente, esta vez el valor calculado para Rb = 68kΩ coincide con un valor comercial.

Para calcular la polarización de un circuito con polarización automática se debe recurrir al circuito de entrada (figura 8). Se deduce que:

$$\mathbf{Vcc = VRc + VRb + Vbe}$$

Si consideramos que Ic es mucho mayor que Ib se puede decir que:

$$VRc = Ic \,.\, Rc \;; \quad VRb = Ib \,.\, Rb$$

Luego:

$$Vcc = Ic \,.\, Rc + Ib \,.\, Rb + Vbe$$

Reemplazando la relación:

$$Ib = \frac{Ic}{\beta} \quad Vcc = Ic \,.\, Rc + \frac{Ic}{\beta} \,.\, Rb + Vbe$$

Si se trabaja matemáticamente, se llega a:

$$Ic = \frac{Vcc - Vbe}{Rc + \frac{Rb}{\beta}} \qquad (1)$$

En la fórmula de cálculo de Ic se ve que ahora el β no influye tanto sobre el valor de la corriente de colector, razón por la cual no hay grandes variaciones de Ic con la temperatura o por cambios del transistor.

Aunque la variación de β sea grande debido a que se cambió el transistor o hubo una variación de temperatura, el circuito no se verá afectado, dado que Ic permanece casi constante.

Sea el caso ahora, del circuito de la figura 9. **Q** es un transistor de silicio (Vbe = 0,6 V) que posee un β = 200. Aplicando la fórmula (1), obtenemos:

$$Ic = \frac{12V - 0{,}6V}{\frac{22.000\Omega}{200} + 1.200\Omega} =$$

$$Ic = \frac{12V - 0{,}6V}{110\Omega + 1.200\Omega} =$$

$$Ic = \frac{11{,}4V}{1310\Omega} = 8{,}7mA$$

Supongamos que hay una variación del 50% del b por cualquier causa, lo que lo lleva a un valor β' = 300, nos preguntamos, *¿variará mucho la corriente de colector?* Para aplacar dudas, calculemos el nuevo valor de Ic.

$$Ic = \frac{Vcc - Vbe}{Rc + \frac{Rb}{\beta}}$$

$$Ic = \frac{11{,}4V}{1200\Omega + \frac{22.000\Omega}{300}}$$

$$Ic = \frac{11{,}4V}{1.200\Omega + 73{,}3\Omega} = 8{,}95mA$$

Se puede comprobar entonces que una variación del 50% en el valor del b provoca en este caso una variación inferior al 5% en la corriente del colector, lo que indica que ha aumentado la estabilidad del circuito. En este circuito la realimentación negativa también estará presente para la señal alterna que deseamos amplificar; es decir, existe una disminución en la ganancia del circuito, pero la estabilidad lograda compensa ampliamente esta pequeña desventaja ya que, con el precio actual de los transistores, si necesitamos mayor ganancia, siempre podemos recurrir a más etapas en amplificación. Como vemos, logramos estabilidad térmica bajando la ganancia del sistema.

Si consideramos despreciable la corriente de base frente a la corriente de colector, podemos calcular la tensión colector-emisor de la siguiente manera (figura 10):

$$Vcc = VRc + Vce$$

Como Ic >> Ib; trabajando matemáticamente:

$$Vce = Vcc - Ic \,.\, Rc$$

$$\mathbf{Vce = Vcc - \frac{Vcc - Vbe}{Rc + \frac{Rb}{\beta}} \,.\, Rc}$$

Aplicando esta fórmula al ejemplo que hemos analizado, podremos conocer cuánto vale la tensión colector-emisor.

$$Vce = 12V - 8{,}7mA \,.\, 1{,}2k\Omega = 1{,}56V$$

La baja tensión Vce indica que el transistor está operando cerca de la zona de saturación. Recordemos que esta zona tiene su límite para una Vce ≅ 1V.

Fig. 8

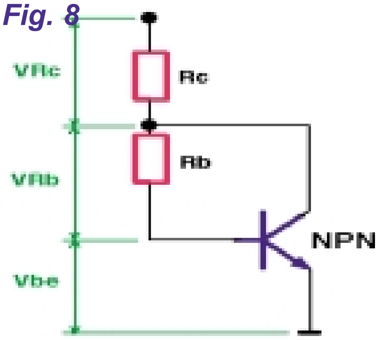
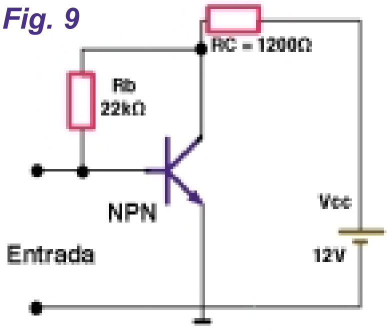


Fig. 9



Para otras aplicaciones resulta necesario graduar la ganancia de la etapa a voluntad (ganancia de tensión) y además que el circuito sea térmicamente estable; para ello suele utilizarse una realimentación de corriente en el circuito de polarización, por medio de la colocación de un resistor en el emisor del transistor. En el circuito así constituido cualquier aumento en la corriente de colector por alguna causa, desarrollará una tensión sobre el resistor de emisor tal que, si la tensión de base permanece constante, polariza en forma inversa la juntura Base-Emisor que compensará la variación de la corriente de colector.

Fig. 10

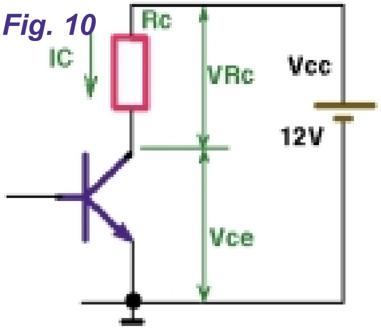


Fig. 11

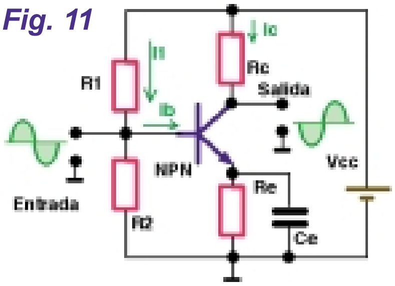


Fig. 12

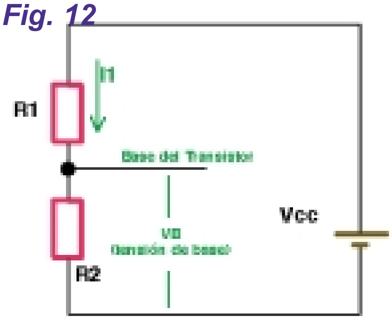
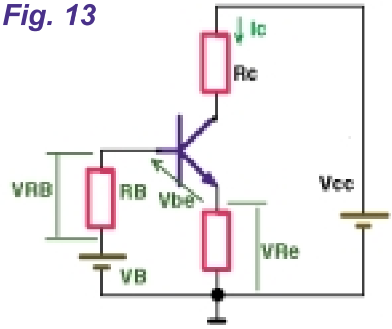


Fig. 13



La polarización "fija" de la base se consigue por medio de un divisor resistivo.

Veamos lo siguiente, la polarización de la base es Vcc . R2/(R1 + R2) o sea no depende de ningún parámetro del transistor. Un aumento de Ic aumenta VRe que es la caída sobre Re (ver figura 11). Para calcular la corriente de colector es necesario conocer el valor de la tensión de la base respecto de masa y la resistencia que "ve" la base.

El cálculo se facilita si consideramos que I1 es mucho mayor que Ib.

Dibujando la batería del otro lado se comprenderá mejor el circuito de entrada (figura 12) :

$$I1 = \frac{Vcc}{R1 + R2}$$

$$VB = I1 \;.\; R2$$

Reemplazando:

$$\mathbf{VB = \frac{Vcc}{R1 + R2} \;.\; R2 \qquad (2)}$$

El desarrollo que estamos haciendo es una aplicación del teorema de Thevenin que dice que cualquier circuito puede ser reemplazado por un generador de tensión en serie con una resistencia. Aplicando este teorema al circuito que está conectado entre base y masa del transistor, tenemos que R2 está conectada a la base junto con R1 y Vcc.

Ahora bien, el generador de tensión VB se calcula como la tensión que cae entre base y masa del transistor cuando éste ha sido desconectado; esta tensión es la que cae sobre R2 y es la VB, fórmula (2).

En tanto la resistencia de Thevenin RB la calculamos con el transistor desconectado y cortocircuitando la fuente de alimentación (II). Observe el circuito de la figura recién vista, donde al cortocircuitar la fuente de continua (Vcc) R1 y R2 quedan conectados en paralelo.

$$RB = \frac{R1 \;.\; R2}{R1 + R2} \qquad (3)$$

En la figura 13 vemos qué ocurre si reemplazamos VB y RB en el circuito de la figura 11. Lo hecho no es más que una aplicación del teorema de Thevenin para simplificar el cálculo de la corriente de colector.

Aplicando Kirchhoff en el circuito de la figura, se tiene:

$$VB = VRB + Vbe + VRe$$

$$VB = Ib \;.\; Rb + Vbe + Ie \;.\; Re$$

Como Ic ≈ Ie

$$VB = Ib \;.\; RB + Vbe + Ic \;.\; Re$$

$$\text{También} \qquad Ib = \frac{Ic}{\beta}$$

$$VB = \frac{Ic}{\beta} \;.\; RB + Vbe + Ic \;.\; Re$$

$$VB = Ic \;.\; \left(\frac{RB}{\beta} + Re\right) + Vbe$$

Despejando:

$$\mathbf{Ic = \frac{VB - Vbe}{\dfrac{RB}{\beta} + Re}}$$

Donde:

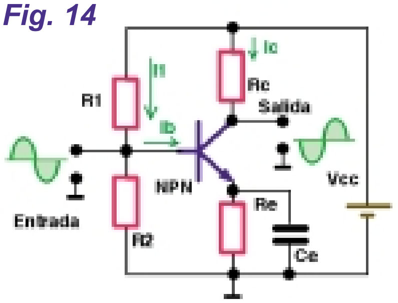
VB y RB se calculan por medio de las fórmulas (2) y (3).

Vbe = 0,2V para el germanio y 0,7V para el silicio.

β ganancia de corriente en emisor común dado por el fabricante.

Para que la señal alterna no desarrolle una tensión sobre el resistor Re, se coloca un capacitor de desacople entre emisor y masa. De esta forma el capacitor en paralelo con Re deriva la señal de CA a masa para impedir pérdidas de ganancia. En síntesis, el agregado de Re tiende a estabilizar la corriente de colector.

Fig. 14



Dado que generalmente Re » Rb/b, si varía el b, Ic se mantiene constante, entonces hay mayor estabilidad (figura 14). De la misma forma que hemos procedido anteriormente, podemos calcular la tensión Colector-Emisor aplicando Kirchhoff en el circuito de salida.

$$Vcc = VRc + Vce + VRe$$

$$Vcc = Ic \;.\; Rc + Vce + Ic \;.\; Re$$

$$Vcc = Ic\;(Rc + Re) + Vce$$

$$\mathbf{Vce = Vcc - Ic\;(RC + Re)}$$

En síntesis, el agregado de Re proporciona una estabilidad adicional al circuito ya que permite sensar la corriente de emisor.

Se conecta un capacitor en paralelo para que la corriente alterna se derive a masa por él sin producir caída de tensión alterna sobre Re, lo que disminuiría la ganancia.

Existen otras polarizaciones para la configuración emisor común pero todas ellas buscan mayor ganancia de tensión y aumento en la estabilidad del circuito que son los factores determinantes para la elección del circuito adoptado para cada caso.

EL AMPLIFICADOR COLECTOR COMÚN

En este circuito la señal de entrada se aplica entre colector y base que, como sabemos, es una juntura polarizada en inversa para que el transistor trabaje correctamente: de esta manera se logra que la impedancia de entrada de un transistor en esta configuración sea muy alta (resistencia elevada), mientras que la salida se toma entre colector y emisor, siendo la impedancia de salida bastante baja.

Esta etapa posee una ganancia de potencia bastante baja compa-

Fig. 15

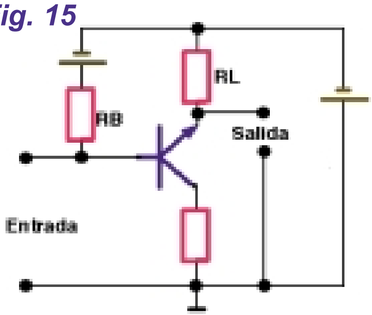
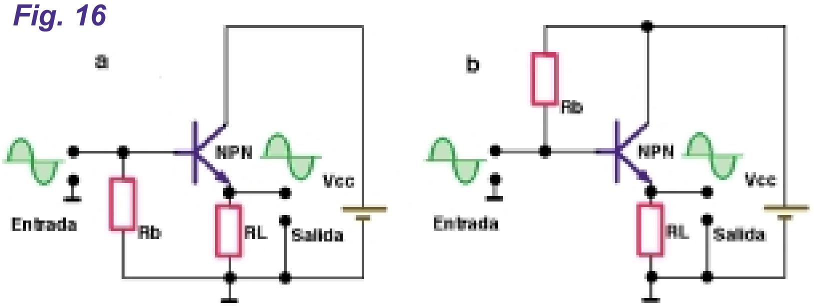


Fig. 16



rada con la que se puede obtener en una etapa emisor común.

La tensión de salida es siempre menor que la tensión de entrada: por lo tanto, la ganancia de tensión es menor que la unidad. Este circuito se utiliza como elemento adaptador de impedancias (figura 15).

Acomodamos el circuito para poder verlo como comúnmente se utiliza (figura 16). Si aumenta la señal de entrada, aumenta la corriente de emisor y por lo tanto la señal sobre la RC con lo cual, como ocurre en la configuración base común, aquí no hay inversión de fase.

RECTA ESTÁTICA DE CARGA

Los transistores pueden ubicar su funcionamiento en una zona de trabajo donde su respuesta es lineal, una zona denominada "ZONA DE CORTE" y una tercera zona que determina la "SATURACION" del transistor. Se debe establecer un punto de funcionamiento del transistor dentro de su región activa (zona lineal) con el objeto de obtener a la salida del amplificador una señal réplica de la de entrada pero de mayor amplitud. El punto de reposo del transistor, que hemos aprendido a calcular para las distintas polarizaciones, se debe hallar sin aplicar señal externa y se lo llama punto **"Q"** de funcionamiento, punto de reposo o simplemente punto de trabajo.

Ubicando este punto Q sobre las curvas características de salida del transistor y aplicando métodos gráficos se puede predecir el comportamiento del amplificador cuando se le aplica una señal a la entrada. Si la señal de salida no es fiel a la ingresante, lo más probable es que no se haya elegido correctamente el punto de reposo.

Al polarizar un transistor se debe elegir los componentes asociados (resistores, alimentación, etc.) con sumo cuidado, ya que el punto Q no debe quedar en cualquier parte de la zona activa del transistor. Se debe tener en cuenta las especificaciones dadas por el fabricante, tales como Potencia Máxima de Disipación (***Pc max***), Tensión Máxima de Colector (***Vc max***), Corriente Máxima de Colector (***Ic max***), Factor *β* de Amplificación, etc (figura 17).

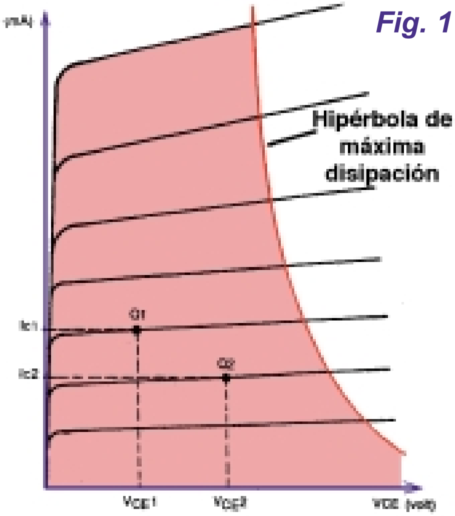


Fig. 17

Para pequeñas señales, si el transistor está bien polarizado se puede asegurar que la tensión de salida no será distorsionada, "pero no es la misma la tensión de colector que la señal de salida", ya que esta última no debe poseer generalmente una componente de continua, razón por la cual se colocan capacitores de desacople a la salida del circuito (y también a la entrada) lo que obliga a analizar el circuito sin componente continua y con componente continua (figura 18). En este circuito, la tensión de continua del colector del transistor no aparece sobre la resistencia de carga RL a causa del bloqueo impuesto por Cb2 pero la señal sobre RL es una réplica amplificada de la señal de entrada.

Los valores de los capacitores deben ser tales que a la frecuencia mínima de trabajo no ofrezcan resistencia apreciable al paso de la señal. Para la ubicación del punto de trabajo se recurre generalmente a métodos gráficos, se usan las curvas de salida del transistor en la configuración en que se esté utilizando el dispositivo.

Si se conocen los elementos asociados a la salida del transistor pueden calcularse los resistores de polarización de base, previa ubicación del punto de reposo del transistor, partiendo de la denominada ***RECTA ESTATICA DE CARGA*** del transistor (figura 19). Para trazar esta recta sobre la familia de curvas, se obtiene la ecuación de la malla de salida del circuito. Por ejemplo, en el circuito de un transistor en emisor común con polarización por divisor resistivo se tiene que:

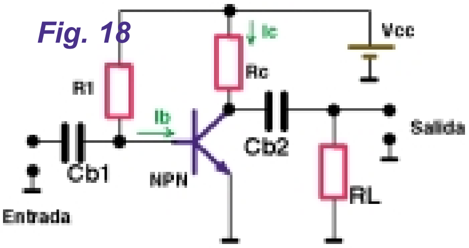
$$V_{cc} = V_{ce} + I_c\,(R_c + R_e) \qquad (4)$$

En esta ecuación, Vcc, Rc y Re son valores conocidos mientras que Vce e Ic son variables.

En geometría se estudia que la ecuación (4) representa una recta y para trazarla hace falta conocer dos puntos de dicha recta. Los puntos elegidos serán:

a) para Vce = 0 debemos calcular el valor de Ic. De la fórmula (4):

Fig. 18



$Vcc = 0 + Ic\ (Rc + Re)$

despejando:

$$Ic = \frac{Vcc}{(Rc + Re)}$$

b) Cuando Ic = 0, de la fórmula (4):

$$Vcc = Vce + 0\ (Rc + Re)$$
$$Vcc = Vce$$

Es decir, los dos puntos elegidos para trazar la recta serán:

$$\text{a) } (Ic; Vce) \Rightarrow \left(\frac{Vcc}{(Rc + Re)}; 0\right)$$
$$\text{b) } (Ic; Vce) \Rightarrow (0; Vcc)$$

Si ubicamos estos puntos sobre las curvas de salida del transistor y trazamos una recta que pase por ellos, encontraremos la recta estática de carga del circuito (figura 20).

Esta recta es útil porque no importa que varíe la corriente de base como consecuencia de la aplicación de una señal, los valores de Ic y Vce se ubicarán sobre dicha recta. Además, conociendo los valores máximos de la señal a aplicar y trasladándolos al gráfico se podrá calcular cuáles son los valores correspondientes de la corriente de colector.

RECTA DINÁMICA DE CARGA

Se ha visto que por métodos gráficos se pueden predecir los distintos valores de Ic y Vce que puede tomar un transistor polarizado cuando se le aplica una señal de entrada, pero en el razonamiento no se ha tenido en cuenta la carga que se le aplica al circuito a través de un capacitor.

La Recta Estática de Carga es muy útil para analizar el funcionamiento del circuito sin que a éste se le aplique señal, es decir, donde se ubicaría el punto de reposo si hubiese algún corrimiento de algún parámetro a causa de determinados factores, como por ejemplo la temperatura. Analicemos el circuito de la figura 21. Cuando se aplica una señal de corriente alterna, C2 es un corto circuito; lo mismo ocurre con el capacitor de desacople de emisor CE y la fuente de alimentación (por considerarla como un capacitor cargado de alta capacidad). De esta manera el emisor estará conectado a masa y Rc estará en paralelo con la carga RL. Para analizar el comportamiento del circuito para señales alternas gráficamente es necesario construir una ***RECTA DINAMICA DE CARGA*** que contemple el paralelo entre Rc y RL y ahora RE = 0 a causa de la muy baja impedancia que pasa a tener CE.

Para trazar la Recta Dinámica de Carga se tiene en cuenta el punto de reposo del transistor ya que sin señal se ubicará sobre dicho punto. La técnica consiste en trazar una recta que pase por el punto Q con pendiente 1/Rd, siendo Rd el paralelo entre Rc y RL (figura 22).

$$Rd = \frac{Rc\ .\ RL}{Rc + RL}$$

CÁLCULO DE LOS CAPACITORES DE PASO

Hemos dicho que tanto los capacitores de acoplamiento de entrada y salida, como el capacitor de desacople de emisor, se deben comportar como un cortocircuito para la señal de trabajo. La forma de cálculo de estos capacitores está íntimamente ligada con la impedancia del circuito "que ven estos elementos" ya que el efecto resistivo debe ser mucho menor que dicha impedancia para todas las señales que se desean amplificar.

La reactancia de un capacitor se calcula como:

$$Xc = \frac{L}{2\,\pi\ .\ f\ .\ C}$$

De aquí se deduce que, en la medida que aumenta la frecuencia de la señal tratada, menor será el efecto de oposición del capacitor al paso de las señales. Por lo tanto, el peor caso se presenta con las señales de menor frecuencia, donde el capacitor puede que no se comporte como un cortocircuito. Para calcular el valor del

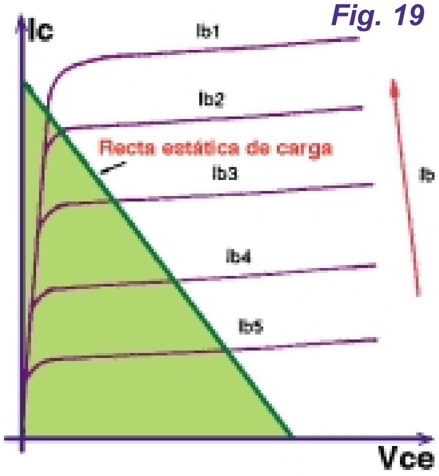


Fig. 19

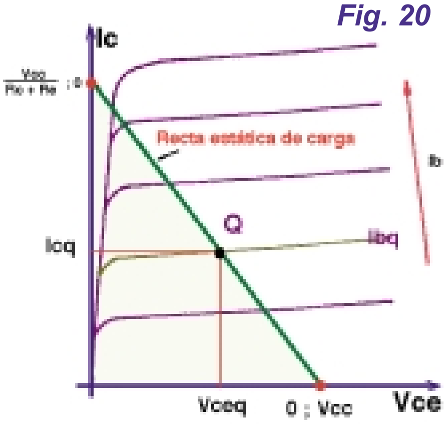


Fig. 20

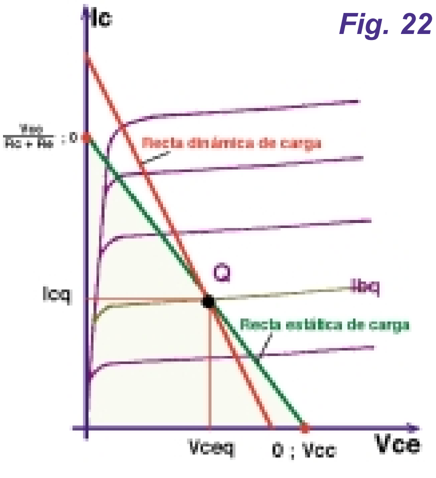
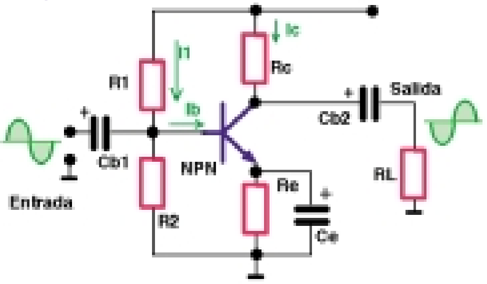


Fig. 22

Fig. 21



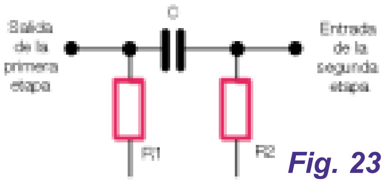


Fig. 23

capacitor necesario, éste debe tener una "resistencia" (en realidad reactancia) 10 veces menor que el valor de la impedancia que él verá a la mínima frecuencia de trabajo del amplificador. Por ejemplo, si la impedancia de entrada de un amplificador es de 5.000Ω, el capacitor de paso de entrada no debe presentar una reactancia superior a 500Ω para la frecuencia mínima de operación.

Para explicar esto mejor con un ejemplo, podemos calcular el valor del capacitor de desacople de una resistencia de emisor de 100Ω si la mínima frecuencia de operación del transistor será de 20Hz.

Sabemos que:

$$Xc = \frac{1}{2\,\pi\,.\,f\,.\,C}$$

y que:

$$Xc = \frac{Re}{10}$$

luego:

$$\frac{Re}{10} = \frac{1}{2\,\pi\,.\,f\,.\,C}$$

despejando:

$$Ce = \frac{10}{2\,.\,\pi\,.\,f\,.\,Re}$$

Si queremos dar el valor del capacitor en µF multiplicamos el segundo término por 10^6, luego:

$$Ce\ [\mu F] = \frac{10^7}{2\,.\,\pi\,.\,f\,.\,Re}$$

Reemplazando valores:

$$Ce\ [\mu F] = \frac{10^7}{6{,}28\,.\,20Hz\,.\,100\Omega} =$$

$$\boldsymbol{Ce\ [\ F] =} \frac{10^7}{12{,}56\,.\,10^3} \boldsymbol{= 796\ F}$$

En general el valor de Re es mayor, al igual que la frecuencia mínima de operación, con lo cual el valor Ce disminuye bastante. Valores normales están comprendidos entre 50µF y 220µF.

Del mismo modo se pueden calcular los capacitores de paso (CB1 y CB2) obteniéndose valores normales que oscilan entre 10µF y 100µF.

Acoplamientos Interetapas

Para conectar el transductor de entrada al amplificador, o la carga u otra etapa es necesario un medio de acoplamiento que permita adaptar impedancias para que exista máxima transferencia de energía. Los acoplamientos interetapas más utilizados son:

a) Acoplamiento RC
b) Acoplamiento a transformador
c) Acoplamiento directo

a) Acoplamiento RC:

Este tipo de acoplamiento es muy utilizado aunque con él no se produce una perfecta adaptación de impedancias y por lo tanto, no habrá máxima transferencia de energía. Separa totalmente la señal de los circuitos de polarización (figura 23). El resistor R1 puede ser el resistor de carga (o polarización) de la primera etapa mientras que R2 puede ser el resistor de polarización de base, si la segunda etapa es un transistor. El capacitor C deja pasar las señales alternas provenientes de la primera etapa y evita que la tensión de polarización quede aplicada en la entrada de la segunda etapa. La capacidad del capacitor C tiene que ser la adecuada a las frecuencias de las señales que se desean amplificar; por ejemplo, para acoplar etapas de audio su valor debe ser elevado (algunos microfarad) para que su reactancia sea pequeña a la menor frecuencia que se desea amplificar. Una capacidad pequeña ofrecería una reactancia elevada al paso de las bajas frecuencias, por lo que éstas quedarían atenuadas. Si se desea acoplar etapas amplificadoras con transistores usando capacitores electrolíticos, la posición del capacitor dependerá de la polaridad de los transistores. Veamos un ejemplo en la figura 24. Con transistores NPN la base es menos positiva que el colector; por lo tanto, el capacitor electrolítico se conecta con el positivo del lado del colector de la primera etapa. Generalmente se utiliza un acoplamiento con resistor y capacitor en etapas amplificadoras de audio de bajo nivel.

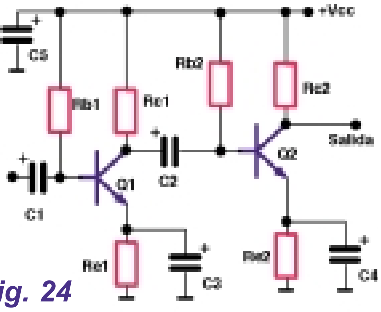


Fig. 24

b) Acoplamiento por Transformador

El acoplamiento a transformador se utiliza con el fin de obtener máxima ganancia de potencia; para ello deben adaptarse las impedancias de entrada y de salida del transistor.

En la figura 25 vemos un circuito acoplado a transformador:

Se emplea un transformador reductor T1 para acoplar la entrada del transistor con lo cual, si bien hay una disminución de la tensión aplicada (por ser un transformador reductor), hay un mayor suministro de potencia ya que, por el teorema de máxima transferencia de potencia, se logrará transferir máxima energía cuando las partes están perfectamente adaptadas (igual impedancia). Para adaptar la salida también usamos un transformador reductor ya que el parlante posee baja impedancia, en contraposición con la alta impedancia del colector del transistor. Este T2 adapta las impedancias de colector y parlante, así permite que la potencia entregada al

Fig. 25

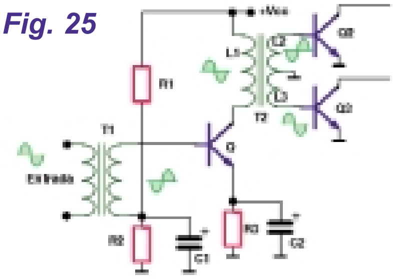
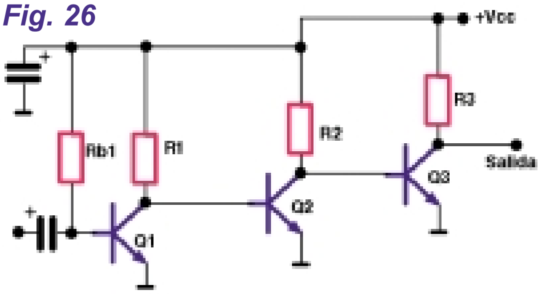


Fig. 26



parlante sea máxima. En este circuito se tiene una polarización por divisor de tensión, donde R1 y R2 dan la polarización adecuada a la base, y Re da la estabilización necesaria para evitar problemas por cambios en los parámetros del transistor; C1 se coloca para evitar que la señal se atenue sobre R1, y C2 para impedir que la señal se desarrolle sobre Re, así el rendimiento del circuito aumenta. En síntesis, un acoplamiento a transformador permite adaptar impedancias y aísla niveles de continua, pero posee la desventaja fundamental de que sus características varían con la frecuencia, razón por la cual suele distorsionar (aunque muy poco) a todas aquellas señales que no están compuestas por una sola frecuencia. Además, es pesado y de gran tamaño; si se quiere disminuir las pérdidas, el costo aumenta considerablemente.

c) Acoplamiento Directo

Este tipo de acoplamiento consiste en unir dos etapas por medio de un cable. En principio, este método es ideal porque resulta económico y no sufre las atenuaciones que introduce todo capacitor en bajas frecuencias. En sistemas amplificadores, el método consiste en conectar el colector de un transistor con la base del siguiente (figura 26). El principal problema de este circuito radica en que los niveles de continua del colector de un transistor y de la base del transistor siguiente son iguales, razón por la cual la tensión de colector de los transistores es bajísima limitando así su funcionamiento. Para solucionar este problema se puede polarizar el primer transistor en configuración colector común, lo que significa que la señal ingresa por la base y sale por el emisor. Para ello se conecta el emisor de la primera etapa a la base de la etapa siguiente.

Podemos conectar dos etapas amplificadoras en emisor común a través de un resistor, considerando este acoplamiento como directo; permite trabajar con distintos niveles de continua entre colector del primer transistor y base del segundo, pero presenta el inconveniente de disminuir el rendimiento.

Las ventajas del acoplamiento directo son aprovechadas en la mayoría de los equipos de audio, ya sea en aquellos que utilizan circuitos integrados o en circuitos de excelente diseño. En la actualidad son muy pocos los equipos de buenas características que no utilizan este acoplamiento. Otra forma de acoplamiento muy difundido en la actualidad es el "Acoplamiento complementario" que se basa en el uso de un transistor NPN y otro PNP, tema del que nos ocuparemos más adelante.

Fundamentos Físicos de la Reproducción del Sonido

El dispositivo universal que se utiliza para la reproducción del sonido, son los parlantes, que son elementos terminales que convierten en ondas sonoras las señales resultantes de los procesos electrónicos previos. Para entender el principio de operación de los parlantes, primero se requiere definir qué son estos elementos y qué es el sonido.

El parlante es ***un transductor capaz de transformar una señal de corriente eléctrica en una onda de sonido audible***. Por su parte, el sonido es un fenómeno físico que estimula el sentido del oído mediante cambios en la presión del aire. En los seres humanos, esto ocurre siempre que una vibración con frecuencia comprendida entre los 20 y los 20,000Hz llega al oído interno.

Para llegar al oído interno, las vibraciones viajan por el aire. A veces, el término ***sonido*** se emplea únicamente para las vibraciones que se transmiten de este modo; sin embargo, los físicos modernos también suelen utilizarlo para designar a las vibraciones similares que se desplazan a través de medios líquidos o sólidos. A las ondas que se encuentran por debajo del límite audible de 20Hz se les conoce como ***infrasónicas***, mientras que los sonidos con frecuencias superiores a 20,000Hz se denominan ***ultrasonidos***.

PROPAGACIÓN DE LAS VIBRACIONES U ONDAS

En general, las vibraciones u ondas del sonido se propagan de forma transversal o longitudinal. En ambos casos, la energía y el ritmo del movimiento ondulatorio sólo se propagan a través del medio en cuestión; es decir, ninguna parte de éste se desplaza físicamente en la dirección de propagación para permitir el viaje de la onda. Por ejemplo, si atamos una cuerda a un punto fijo (un poste), la estiramos sin aplicar demasiada fuerza y la sacudimos, una onda se desplazará del extremo que estamos sujetando hasta su otro extremo; al llegar al punto fijo, la onda se reflejará y viajará de regreso hasta nuestra mano.

Este tipo de movimiento ondulatorio se denomina "onda transversal". Del mismo modo, si tiramos una piedra a un estanque, una serie de ondas transversales se propagará desde el punto de impacto.

Entonces, cualquier objeto que flote cerca de este punto se moverá hacia arriba y hacia abajo, de acuerdo con la dirección y fuerza del movimiento ondulatorio; pero apenas mostrará movimiento longi-

Al caer en el agua, la piedra genera ondas transversales

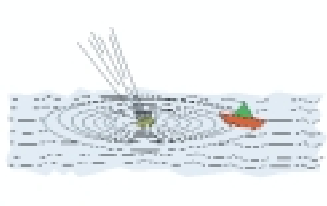
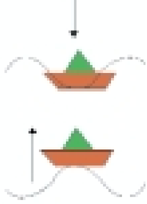


Fig. 1



tudinal, o sea un desplazamiento (figura 1).

LA ONDA DE SONIDO

Una onda de sonido es una onda longitudinal. A medida que la energía del movimiento ondulatorio se propaga alejándose del centro de la perturbación, las moléculas de aire individuales que transportan al sonido se mueven hacia delante y hacia atrás, de forma paralela a la dirección de dicho movimiento.

Si un cuerpo se desplaza ligeramente hacia adelante, momentáneamente el aire frente a él se comprime, pero de forma instantánea trata de recuperar su densidad normal; por lo que la compresión comienza a viajar en la misma dirección del movimiento inicial, pero con la distancia se va diluyendo poco a poco. Exactamente esto sucede cuando el mismo cuerpo retrocede a su sitio original, pero ahora generando una pequeña porción de baja densidad, que viaja con las mismas características de la anterior.

Combinando ambos efectos, cuando un objeto está vibrando rápidamente, frente a él se genera una serie de zonas donde la densidad del aire varía dependiendo del grado de desplazamiento original del cuerpo, formando una serie de ondas que se van alejando del punto de origen. Estas sucesivas zonas de aire comprimido y enrarecido son captadas por el tímpano, el cual reproduce en escala pequeña los desplazamientos originales del cuerpo vibrante, y transmite al oído interno esta información, donde el cerebro lo interpreta como sonido. Quiere decir que una onda de sonido es una serie de compresiones y rarefacciones sucesivas del aire. Cada molécula transmite la energía a la molécula que le sigue; una vez que la onda de sonido termina de pasar, las moléculas permanecen más o menos en la misma posición (figura 2).

Características Físicas

Una nota musical, por ejemplo, puede ser definida en su totalidad, mediante tres características con que se percibe: ***el tono, la intensidad y el timbre***. Estos atributos corresponden exactamente a tres características físicas: ***la frecuencia, la amplitud y la composición armónica o forma de onda***.

Frecuencia o tono

Por frecuencia del sonido se entiende el número de ciclos de una onda por segundo. Conforme mayor sea la frecuencia de una onda, más agudo se escuchará el sonido; y al contrario, conforme menor sea la frecuencia de la misma, más grave se escuchará el sonido. Un fenómeno interesante es el que se produce cuando se tocan dos instrumentos distintos en la misma nota. Ambos sonidos pueden tener la misma frecuencia, pero no necesariamente se percibirán igual; la diferencia radica en el timbre característico de cada instrumento..

Amplitud

La amplitud de una onda de sonido es el grado de movimiento de las moléculas de aire que la transportan. Dicho movimiento corresponde a la intensidad de expansión y compresión de la propia onda. Cuanto mayor es la amplitud de la onda, más intensamente golpea ésta a las moléculas del tímpano y más fuerte es el sonido percibido. La amplitud de una onda de sonido puede expresarse en unidades absolutas, mediante la medición de la distancia de desplazamiento de las moléculas del aire, la medición de la diferencia de presiones entre la compresión y la expansión, o la medición de la energía transportada. Para expresar la intensidad de los sonidos, éstos se comparan con un sonido patrón; en tal caso, la intensidad se expresa en decibeles (dB).

Intensidad

La distancia a la que se puede escuchar un sonido, depende de la intensidad de éste; la intensidad es el flujo promedio de energía que atraviesa cada unidad de área perpendicular a la dirección de propagación. En el caso de ondas esféricas que se propagan desde una fuente puntual, la intensidad medida en un punto es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia; esto, suponiendo que no se produzca ninguna pérdida de energía debido a la viscosidad, la conducción térmica u otros efectos de absorción.

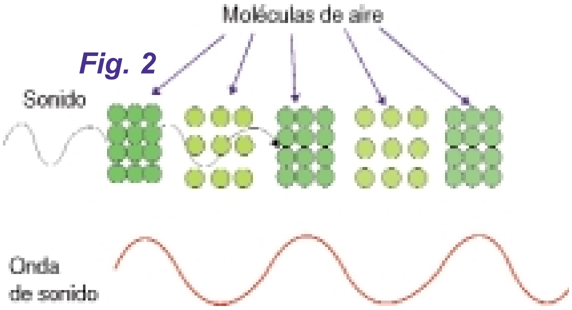
En la propagación real del sonido en la atmósfera, los cambios físicos que el aire experimenta dan lugar a la amortiguación y dispersión de las ondas sonoras.

Timbre

Vamos a suponer que tenemos un violín, un piano y un diapasón, y que con la misma intensidad se toca en los tres una nota ***La*** -situada sobre el ***Do*** central. Los sonidos resultantes serán idénticos en frecuencia y amplitud, pero muy diferentes en timbre. De las tres fuentes, el diapasón es el que produce el tono más sencillo, conformado casi exclusivamente por vibraciones de tipo senoidal con frecuencias de 440 Hz.

Debido a las propiedades acústicas del oído y a las propiedades de resonancia de su membrana vibrante, es dudoso que un tono llegue en estado puro al mecanismo interno del oído. La componente principal de la nota producida por el piano o el violín también tiene una frecuencia de 440 Hz; sin embargo, ambas notas contienen a su vez componentes cuyas frecuencias son múltiplos exactos de 440 Hz: los llamadas ***frecuencias armónicas***. Las intensidades y el defasamiento que exis-

Fig. 2



ten entre esas otras componentes, determinan el timbre de la nota.

VELOCIDAD DEL SONIDO

La frecuencia de una onda de sonido, es una medida del número de vibraciones por segundo de un punto determinado; a la distancia entre dos crestas (cimas) adyacentes de la onda, se le denomina ***longitud de onda*** . Al multiplicar el valor de la longitud de onda por el de la frecuencia, se obtiene la velocidad de propagación de la onda. Esta velocidad es igual para todos los sonidos sin importar su frecuencia, siempre y cuando se propaguen a través del mismo medio y a la misma temperatura. Por ejemplo, mientras la longitud de onda de la nota "La" situada sobre el "Do" central es de unos 78,20 cm, la de la nota "La" situada abajo del mismo es de 156,40 cm. En aire seco y a una temperatura de 0° C, la velocidad de propagación del sonido es de 331,6 m/s. Al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad del sonido; por ejemplo, a 20° C la velocidad es de 344 m/s. Por lo general, el sonido viaja más rápido a través de líquidos y de sólidos que a través de gases. Tanto en los líquidos como en los sólidos, la densidad tiene el mismo efecto que en los gases.

REPRODUCCIÓN DEL SONIDO

Para la reproducción del sonido se emplean parlantes. Existen diferentes tipos, pero la mayoría de los actuales son dinámicos. Estos altavoces incluyen una bobina de cable muy ligero, sumergida dentro del campo magnético de un potente imán permanente o de un electroimán (figura 3).

Una corriente eléctrica variable, procedente de los circuitos electrónicos de algún amplificador, atraviesa la bobina y modifica la fuerza magnética entre ésta y el campo magnético del parlante. Al producirse cambios de corriente, la bobina vibra y entonces hace que un diafragma o un gran cono vibrante (unido mecánicamente a ella) se mueva para generar en el aire ondas sonoras; a su vez, este movimiento impulsa a las moléculas de aire en la forma del sonido que se desea reproducir.

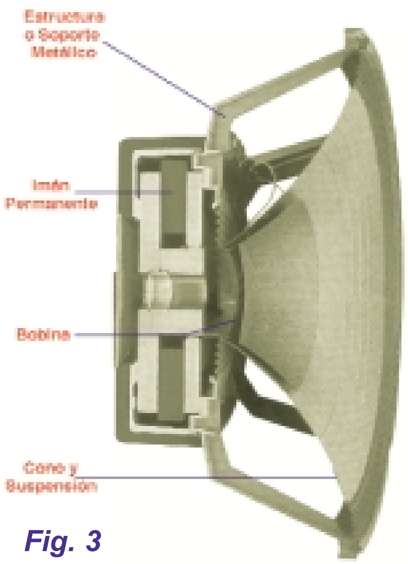


Fig. 3

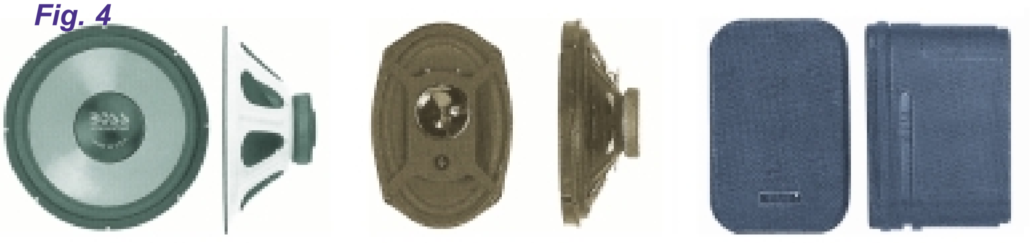
Tipos de Parlantes

Para aumentar la potencia y la calidad del sonido, pueden utilizarse conjuntos especiales de parlantes de diferente tamaño: los pequeños son para notas agudas y los grandes para notas graves.

La forma o diseño de los parlantes, es también factor que incide en la calidad del sonido que se reproduce. Existen básicamente tres tipos: circulares, cuadrados y elípticos (figura 4). Los primeras ofrecen una muy buena reproducción de sonido; los cuadrados, sólo una regular o buena reproducción; los elípticos son las mejores, pues permiten una excelente reproducción. La razón, es que el uso de los parlantes elípticos equivale a tener un parlante circular pequeño para tonos medios y otro circular grande para tonos bajos.

En todo sistema reproductor de audio, siempre será necesario instalar dos o más tipos de altavoces. La fidelidad del sonido mejora cuando para cada frecuencia y amplitud de la señal de audio se usa un tipo diferente de parlante; es decir, para tener un buen sistema de sonido se requieren reproductores de agudos (llamados *tweeters*), parlantes que reproduzcan los medios (*midrange*) y los graves (conocidos como *woofers*). Obviamente, el tema es amplio, por lo que lo analizaremos más adelante. ******************

Fig. 4



Parlante Circular

Parlante Elíptico

Parlante Cuadrado

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos de edición semanal, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y Oscar Montoya Figueroa.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

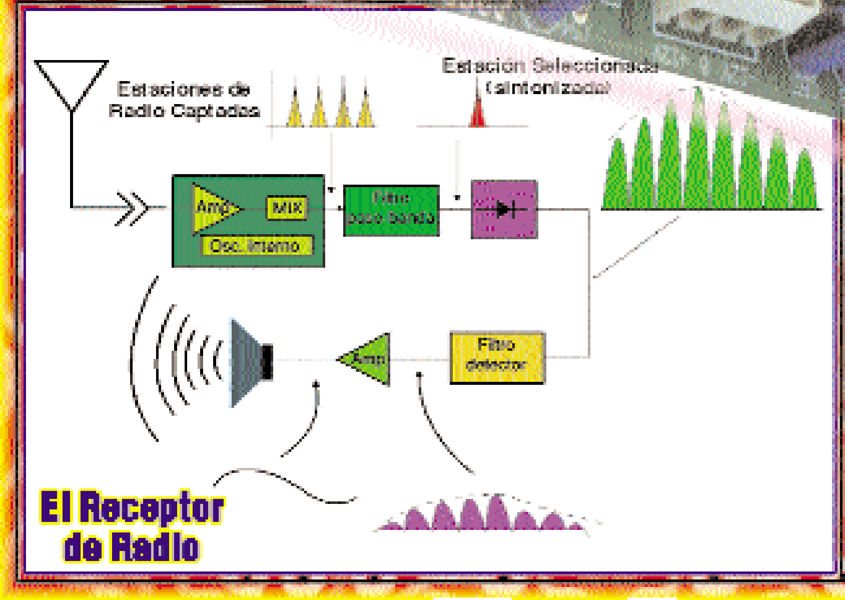
El Surgimiento de

La Radio

7

El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES


Estaciones de Radio Captadas
Estación Seleccionada (sintonizada)
Amp.
MIX
Osc. Interno
Filtro paso banda
Filtro detector
Amp.

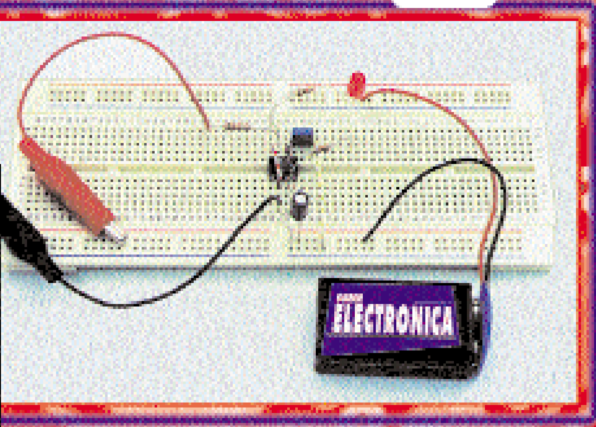
El Receptor de Radio

ES UNA EDICION ESPECIAL DE

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Bricolage

Intercomunicador por la Red Eléctrica


ELECTRONICA

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 7

EL SURGIMIENTO DE LA RADIO

Los experimentos de Faraday.....................99
Los planteamientos de Maxwell 99
Las ondas de radio y el espectro electromagnético.......................................99
La telegrafía sin hilos.................................100
Estructura simplificada de una válvula diodo.......................................100
Principio básico de operación de un receptor de radio 101
Las primeras transmisiones.........................102
La evolución de las comunicaciones por ondas radiales.....................................103
El desarrollo de la radio comercial 103
Modulación en FM y transmisión en estéreo 103

TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO

Los FETs..105
El JFET 105
Efecto de campo 105
El MOSFET de empobrecimiento...............105
MOSFET de enriquecimiento......................106
Protección de los FETs...............................107
Funcionamiento del transistor de efecto de campo 107

INTERCOMUNICADOR POR LA RED ELECTRICA

El circuito transmisor..................................109
El circuito receptor......................................110
Lista de materiales del transmisor 112
Lista de materiales del receptor 112

Cupón Nº 7

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 7

El Surgimiento de la Radio

Los Experimentos de Faraday

Aunque se realizaron múltiples experimentos sobre electricidad y magnetismo antes de Michael Faraday (figura 1), fue este investigador inglés quien descubrió la estrecha relación que existe entre ambos tipos de fenómenos.

Fue precisamente Faraday quien descubrió que cuando en una bobina circula una corriente eléctrica, se produce un campo magnético proporcional a la corriente circulando, y a la inversa: ***cuando a una bobina se aplica un campo magnético externo, en sus extremos aparece una variación de tensión*** (figura 2).

Este descubrimiento, aparentemente tan sencillo, es la base sobre la cual funcionan prácticamente todos los aparatos eléctricos que nos rodean en nuestra vida cotidiana, desde el motor de un auto de juguete hasta los grandes transformadores que sirven para distribuir el fluido eléctrico en las grandes ciudades.

Los Planteamientos de Maxwell

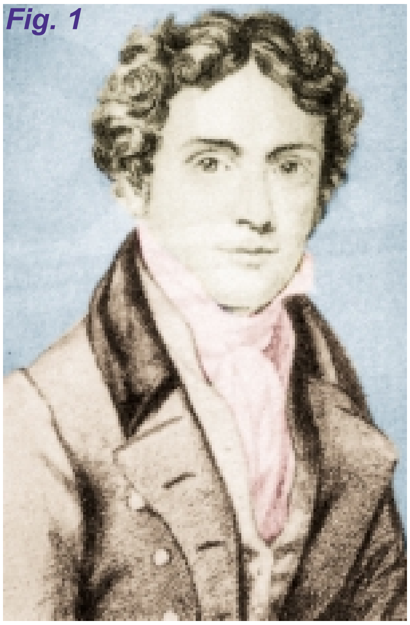
En la década de 1860, el físico inglés James Clerk Maxwell, con una gran lucidez que asombra incluso a los científicos contemporáneos, puso al descubierto en forma teórica la estrecha relación que existe entre los campos eléctricos y magnéticos; postulando que una carga eléctrica en movimiento produciría en su alrededor un campo magnético variable, el cual, a su vez, induciría un campo eléctrico, y así sucesivamente (figura 3). Esto, a su vez, se traduciría en la generación de una onda electromagnética que se origina en la carga eléctrica variable y viaja en todas direcciones (estos trabajos se publicaron en conjunto hasta 1873). Sus cálculos teóricos le permitieron determinar que esta onda electromagnética se propaga a la misma velocidad que la luz, lo que lo llevó a la conclusión de que ***la energía luminosa no era sino otra manifestación de este tipo de ondas*** (un salto imaginativo sorprendente para la época).

Las Ondas de Radio y el Espectro Electromagnético

Tan sólo faltaba la comprobación práctica de estas teorías, y ésta fue conseguida por los experimentos de un físico alemán: Heinrich Hertz, quien utilizando una cámara de chispas y un aro metálico receptor (figura 4) corroboró la existencia de las ondas electromagnéticas. El fundamento de este experimento fue el siguiente: si efectivamente en las cargas eléctricas en movimiento representadas por la chispa eléctrica se generaba una serie de ondas electromagnéticas, el aro receptor captaría parte de esta onda y la transformaría nuevamente en señal eléctrica, haciendo saltar una chispa de menor tamaño, pero perfectamente sincronizada con la chispa principal entre las puntas del aro receptor.

Debido a lo rudimentario del experimento, Hertz tuvo que hacer grandes esfuerzos para localizar los puntos en que la induc-

Fig. 1



Otro de los descubrimientos de Faraday, fue la inducción de oltaje en una espira en movimiento, lo que daría origen a las dinamos generadoras que se utilizan para la generación de electricidad.

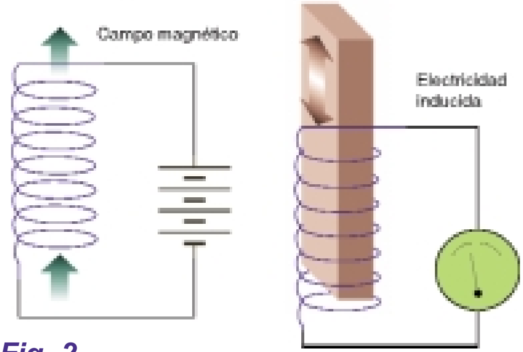


Fig. 2

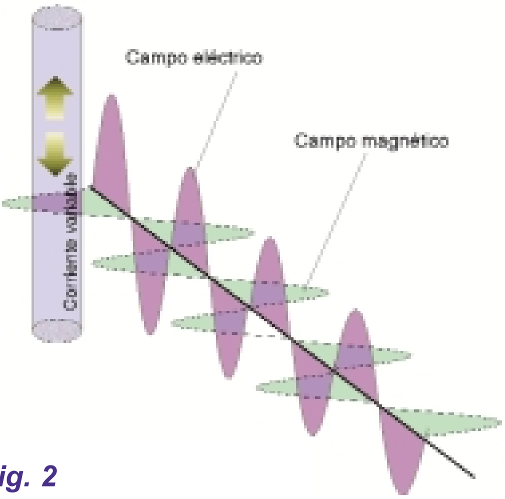


Fig. 2

Fig. 4

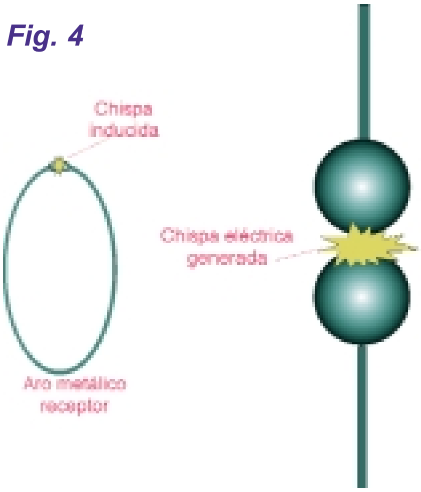
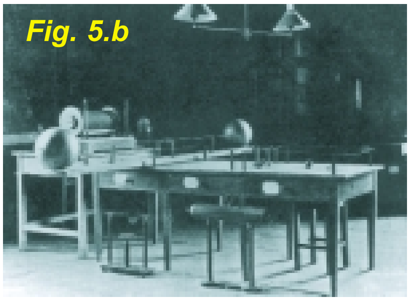


Fig. 5.a

Fig. 5.b



ción electromagnética sobre el aro metálico estuviera en su punto máximo; sin embargo, una vez obtenida la chispa inducida en el aro metálico, eso bastó para demostrar en la práctica la validez de las teorías de Maxwell. Precisamente, en honor a Hertz, se ha denominado con su nombre una de las variables fundamentales en el comportamiento de las ondas electromagnéticas (y en general de todo tipo de oscilaciones): los ciclos por segundo (figura 5).

LA TELEGRAFÍA SIN HILOS

Incluso cuando Hertz descubrió la existencia de las ondas electromagnéticas, todos estos experimentos no pasaban de ser curiosidades de laboratorio; fue hasta que un investigador italiano, Guglielmo Marconi, quien al estudiar los descubrimientos realizados por Hertz, llegó a la conclusión de que las ondas electromagnéticas podían utilizarse para la transmisión instantánea de información a distancia (figura 6).

Fig. 6

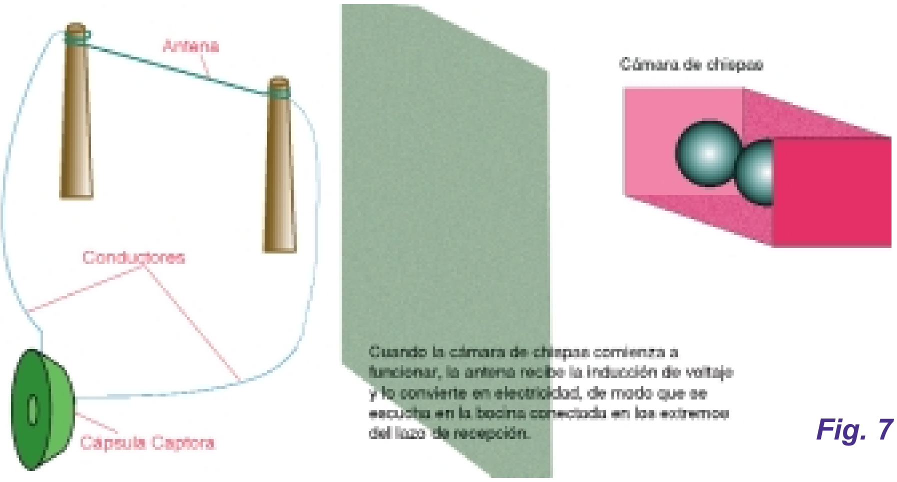
Para conseguir la transmisión de datos por medio de ondas de radio, Marconi utilizó una ***cámara de chispas***, la cual producía en su interior un arco eléctrico al aplicarle la señal de un capacitor. Para comprobar si efectivamente se podía aprovechar la onda resultante a distancia, le pidió a su hermano que llevara la cámara a un sitio alejado de su casa y detrás de una colina cercana, de modo que no hubiera contacto visual entre ambos: al momento en que se aplicó a la cámara de chispas una serie de pulsos de activación en código Morse, Marconi fue capaz de recibirlos con gran claridad, quedando demostrada la posibilidad de la comunicación a distancia sin necesidad de hilos telegráficos (figura 7).

Marconi viajó por toda Europa y América promocionando su descubrimiento, hasta que a finales del siglo pasado y principios del presente fue reconocido como el primero en desarrollar un uso práctico para las ondas electromagnéticas; por ejemplo, en 1899 logró establecer la comunicación entre Europa continental e Inglaterra por medio de ondas radiales, e incluso en 1901 consiguió una transmisión transatlántica entre Europa y América, hecho que definitivamente lo consagró como el padre de la radio (de hecho, para 1902 ya se había establecido un servicio de radio-cables regular entre Europa y América). Como reconocimiento a estos descubrimientos, Marconi recibió el Premio Nobel de física en 1909.

A pesar del gran avance que representó para la época el desarrollo de la telegrafía sin hilos, aún quedaban diversos aspectos que resolver para que pudiera desarrollarse un sistema de radiotransmisión moderno, capaz de transmitir no sólo pulsos en código Morse, sino también sonidos, voces, música, etc. Tuvo que desarrollarse una rama de la física para que la radio comercial fuera una realidad: la electrónica.

LAS VÁLVULAS DE VACÍO

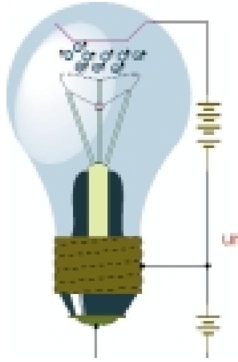
El primer antecedente de un dispositivo electrónico lo encontramos en los laboratorios de Thomas Alva Edison, cuyos experimentos lo llevaron a desarrollar la lámpara incandescente; descubrió que si un alam-



Cuando la cámara de chispas comienza a funcionar, la antena recibe la inducción de voltaje y lo convierte en electricidad, de modo que se escucha en la bocina conectada en los extremos del lazo de recepción.

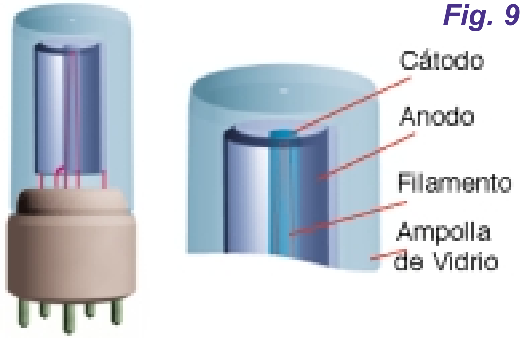
Fig. 7

Fig. 8



Al colocar una placa con potencial positivo en el interior de una lámpara, dicho elemento atraerá a los electrones que se desprendan del filamento, estableciéndose una corriente por el denominado "Efecto Edison"

Fig. 9



bre al que se le había aplicado un potencial positivo era colocado dentro de la ampolla de vidrio al vacío, se establecía un flujo de electrones entre el propio filamento incandescente y el alambre; pero esta corriente sólo aparecía con dicha polaridad, ya que al invertir la carga eléctrica del alambre no se producía el flujo (figura 8).

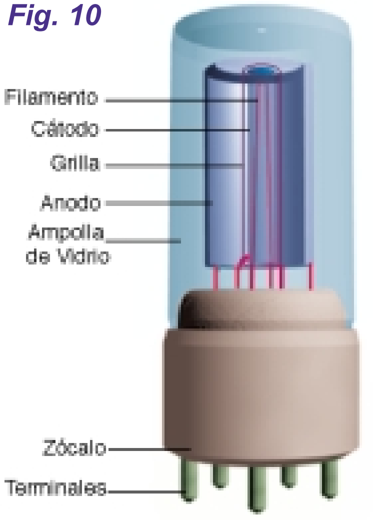
Este fenómeno, conocido y patentado como "efecto Edison", inspiró al ingeniero eléctrico inglés John Ambrose Fleming a desarrollar la primera válvula electrónica del mundo: el diodo (figura 9). La función principal de este dispositivo consistía en rectificar corrientes alternas, y de inmediato encontró una aplicación práctica en la radio; se le empezó a utilizar como detector, rectificador y limitador de señal, lo que a su vez permitió construir receptores de radio más precisos y sensibles.

Sin embargo, la comunicación radial en forma no fue posible sino hasta la aparición en 1906 de otro dispositivo electrónico, fruto de las investigaciones del inventor norteamericano Lee DeForest: la válvula tríodo (figura 10), que añadía una tercera rejilla de control a la válvula diodo. Con esta sencilla adición, el dispositivo funcionaba como amplificador o como oscilador (dependiendo de su conexión externa).

La inclusión de la válvula tríodo en los receptores de radio permitió captar incluso señales muy débiles, aumentando de forma significativa el alcance de las emisiones radiales; además, su utilización como oscilador permitió el surgimiento de la heterodinación, técnica fundamental para el desarrollo de la radio comercial (pues permitió la división y aprovechamiento del espectro electromagnético).

Con todo lo anterior, para la década de los 20's ya se contaba en diversas partes del mundo con una gran cantidad de estaciones de radio; tanto aumentó el número de receptores, que pronto la radio se convirtió en uno de los principales medios de comunicación a distancia, sitio del que fue desplazada, a mediados de los 50's, por la televisión.

Fig. 10

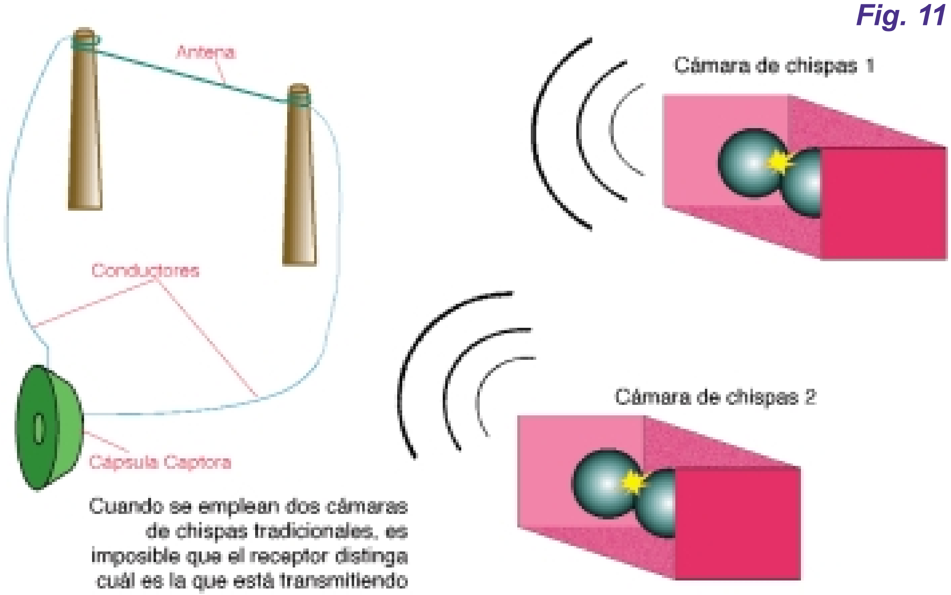


Principio Básico de Operación de un Receptor de Radio

Antes de explicar cómo funciona un receptor de radio, tenemos que hablar de la primera forma de modulación: ***la modulación en amplitud o AM.***

Como se mencionó anteriormente, el primer transmisor utilizado por Marconi utilizaba una cámara de chispas como medio de generación de ondas electromagnéticas. Pero este procedimiento tenía un gran defecto: supongamos que dos personas accionan una cámara de chispas al mismo tiempo en distintas localidades, y que un receptor remoto trata de recibir las señales generadas por uno de ellas (figura 11). Debido a que prácticamente se tiene tan sólo un impulso de energía sin ninguna regla ni limitación, las se-

Fig. 11



Cuando se emplean dos cámaras de chispas tradicionales, es imposible que el receptor distinga cuál es la que está transmitiendo

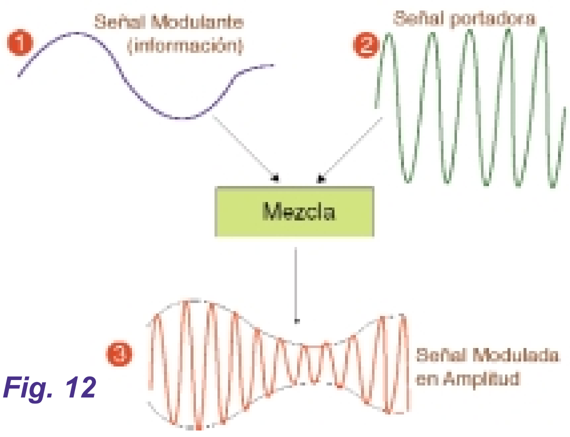


Fig. 12

ñales de ambas emisoras llegarán al mismo tiempo hasta el receptor; mas éste no tiene forma de determinar cuáles pulsos corresponden a la estación que desea escuchar y cuáles provienen de la otra.

Obviamente, para la efectiva utilización de la radio, es necesario asignar canales exclusivos para el uso de las estaciones emisoras; así el receptor podría elegir entre ellas, solamente sintonizando el canal adecuado.

Este problema fue solucionado por el ingeniero norteamericano Edwin H. Armstrong, quien ***desarrolló la modulación en amplitud***; también a él debemos el descubrimiento de la modulación en frecuencia. En términos generales, la modulación en amplitud consiste en ***montar*** sobre una señal de frecuencia superior la señal de audio que se va a transmitir (figura 12); y como es posible asignar frecuencias de portadora distintas a cada una de las estaciones radiales que lo soliciten, puede haber varias de éstas en una comunidad sin que se interfieran una con otra.

La señal modulada en amplitud, se envía al aire a través de una antena y llega al receptor. Para recibir únicamente esta señal, se sintoniza por medio de un oscilador interno, se le hace pasar por un filtro pasabanda, se rectifica (se elimina la porción superior o inferior de la señal) y se pasa por un filtro detector; éste recupera la señal de audio original, la envía hacia el amplificador y finalmente hasta el parlante (figura 13).

LAS PRIMERAS TRANSMISIONES

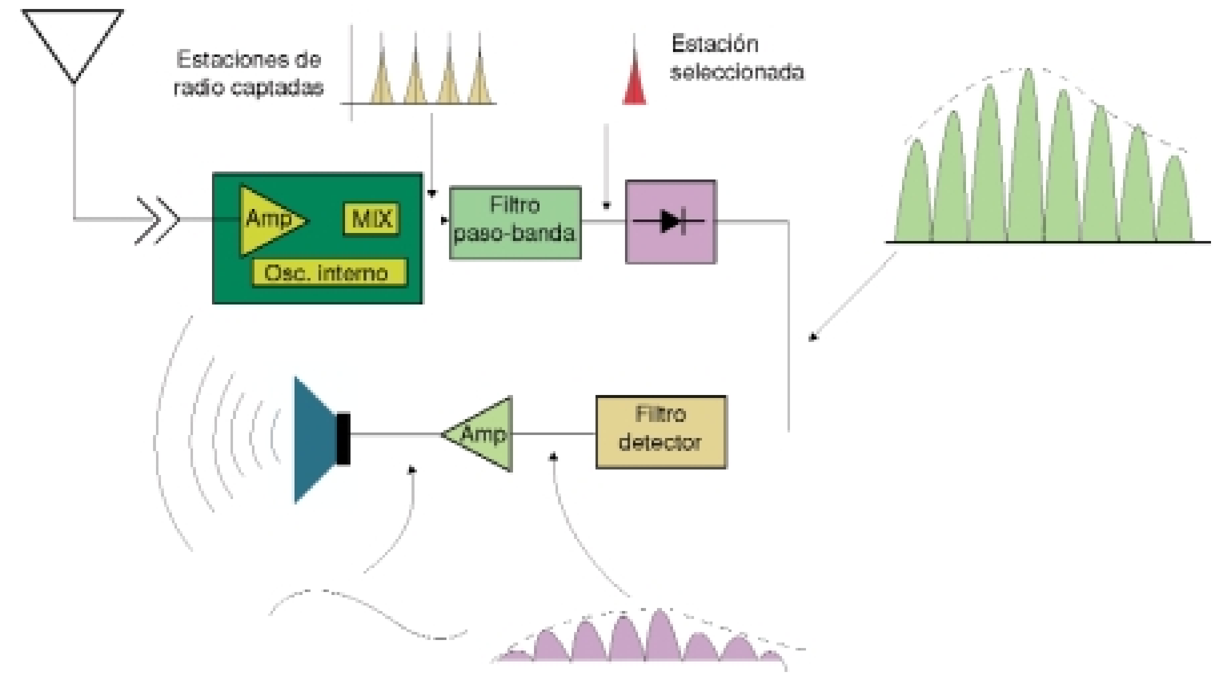
Oficialmente, la primera estación en forma que inició transmisiones en el mundo fue la ***KDKA de Pittsburgh***; comenzó sus operaciones en 1920, cubriendo en ese año la elección presidencial de Estados Unidos.

A partir de ese momento, la radio se extendió rápidamente por toda América y Europa, convirtiéndose en uno de los entretenimientos principales de un buen porcentaje de la población mundial, y en la forma más rápida y confiable de enterarse de los últimos acontecimientos. (Una anécdota muy famosa ocurrió con la transmisión de la versión radiofónica de “La guerra de los mundos”, de H. G. Wells; fue llevada a cabo en el “Teatro Mercurio del Aire” por Orson Wells el 30 de octubre de 1938, provocando escenas de pánico masivo entre los radioescuchas -que tomaron como verídica la invasión marciana.)

De hecho, incluso en nuestra época aparentemente dominada por la televisión, la radio sigue siendo uno de los espacios de discusión y análisis más empleados en el mundo; y todo esto es el resultado de las investigaciones realizadas a finales del siglo pasado y principios del presente, por científicos de muy diversas nacionalidades que trabajaban con un fin común: transmitir información a distancia, utilizando las ondas electromagnéticas.

Etapas típicas de un receptor de radio AM

Fig. 13



LA EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES POR ONDAS RADIALES

Ya en el número anterior hablamos de los pasos que se dieron en la evolución de la radio; desde el planteamiento teórico de las ondas electromagnéticas por parte de Maxwell, su descubrimiento físico por parte de Hertz y su aprovechamiento práctico por parte de Marconi, hasta la aparición de las primeras estaciones de radio comerciales. En esta ocasión veremos muy brevemente la forma en que ha avanzado la comunicación por medio de ondas electromagnéticas, desde principios de siglo hasta nuestros días.

EL DESARROLLO DE LA RADIO COMERCIAL

Como ya mencionamos en el apartado anterior, la primera estación de radio comercial que se instauró en el mundo fue la KDKA de Pittsburgh, en Estados Unidos. Pero esto no hubiera tenido caso, de no haberse desarrollado un método sencillo y económico para captar las ondas radiales; a la postre, esto permitiría a la radio ganar un sitio preponderante en todos los hogares del mundo. Este método fue descubierto por Greenleaf Whittier Pickard, quien en 1912 investigó las propiedades de ciertos cristales para detectar las ondas hertzianas (lo cual dio origen a las famosas radios de cristal, tan populares en los años 20's). Todo ello, aunado a la reciente aparición de los receptores super-heterodinos y el aprovechamiento de las válvulas de vacío como rectificadores, detectores, amplificadores y osciladores, permitió que los años 20's y 30's se convirtieran en la época de oro de la radio en todo el mundo.

Aun así, las primeras estaciones emisoras enfrentaron un grave problema: prácticamente nadie tenía una idea clara de cómo se podía explotar de forma eficiente este nuevo medio de comunicación; se dieron casos en que los propietarios y directores de las recién nacidas estaciones, salían hasta las puertas de éstas para invitar al público en general a recitar, cantar, contar chistes o realizar cualquier otra cosa que les permitiera llenar los minutos al aire de que disponían.

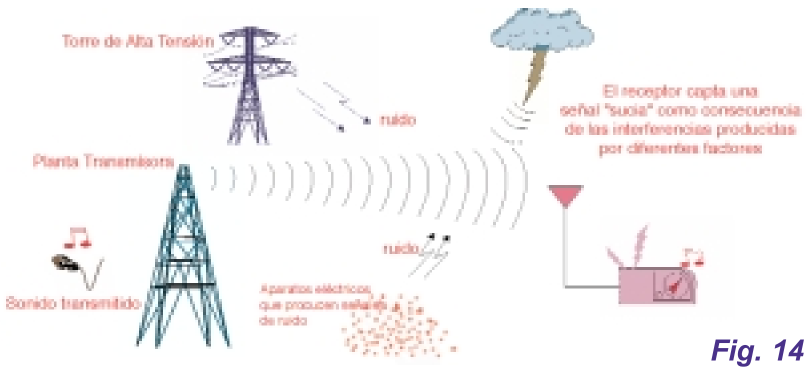

Torre de Alta Tensión
ruido
El receptor capta una señal "sucia" como consecuencia de las interferencias producidas por diferentes factores
Planta Transmisora
Sonido transmitido
ruido
Aparatos eléctricos que producen señales de ruido

Fig. 14

A decir verdad, casi todas las estaciones de radio estaban patrocinadas por una sola compañía; en consecuencia, los "comerciales" transmitidos al aire tan sólo promocionaban a la empresa dueña de la estación (compañías como Westinghouse y General Electric pusieron estaciones a todo lo largo y ancho de Estados Unidos, con la idea de promocionar sus receptores de radio entre la población). Fue hasta mediados de la década del 20, cuando el concepto de una programación radiofónica se extendió entre los dueños de estaciones transmisoras; se comenzaron entonces a explotar géneros tan clásicos como la **radionovela**, los noticieros, los programas de opinión, la música variada, etc. (géneros que básicamente permanecen sin cambios hasta nuestros días).

MODULACIÓN EN FM Y TRANSMISIÓN EN ESTÉREO

Ahora bien, las transmisiones en amplitud modulada (AM) fueron durante mucho tiempo el pilar sobre el que descansó la radio comercial; y es que tanto los transmisores como los receptores, eran muy económicos. Pero la calidad del audio obtenido a través de una transmisión AM convencional, generalmente resultaba demasiado pobre y fácilmente era interferida por fenómenos atmosféricos (tales como tormentas eléctricas) o por la aparición de las recién instaladas líneas de alta tensión que llevaban el suministro eléctrico a distintas partes del país; esto sin mencionar los motores eléctricos y otros dispositivos generadores de gran cantidad de ruido electromagnético, que también afectaban en forma considerable la recepción de las ondas de radio (figura 14).

El problema no podía resolverse simplemente mejorando la calidad de los receptores, ya que el concepto mismo de modulación en AM resulta excesivamente susceptible a la interferencia externa. Si recordamos la forma en que es transmitida una señal en AM, veremos que el audio que se desea enviar se ***monta*** sobre una frecuencia portadora, de modo que ambas viajen juntas por el aire hasta ser captadas por el receptor; pero como la información útil está contenida en la amplitud de la portadora, cualquier fenómeno que afecte a dicha magnitud también afecta a la información transportada. Por ejemplo, si en las cercanías de un receptor de AM se ponía a funcionar un motor eléctrico, las corrientes internas podían generar suficiente ruido electromagnético, el cual, al mezclarse con la señal de AM original, daría por resultado un audio lleno de ruido y en ocasiones completamente opacado por la interferencia. Como ya se dijo, tal fenómeno no tiene nada que ver con la calidad de los receptores; incluso en nuestros días, seguimos escuchando las transmisiones de AM con constantes interferencias externas.

Para eliminar en la medida de lo posible el ruido inducido por fuentes externas en la recepción de radio, se tenía que desarrollar un método alternativo para la transmisión de información y que no dependiera tanto de la amplitud de la portadora (la cual fácilmente se veía afectada por fenómenos que le son ajenos). Este se hizo realidad en 1936, cuando el investigador norteamericano Edwin H. Armstrong (el mismo que había descubierto la modulación en amplitud) planteó todo el proceso de generación, transmisión, recepción y detección de ondas sonoras utilizando un nuevo y revolucionario método: montar la señal que se deseaba transmitir, no en la amplitud sino en la frecuencia de la portadora; esto es, la cantidad de ciclos por segundo de la señal portadora variaría de forma proporcional a la amplitud de la señal que se deseara transmitir (figura 15).

Pronto se descubrió que esta forma de transmisión era prácticamente inmune a los fenómenos meteorológicos y ruido externo -que en cambio fácilmente afectaban a las señales de AM; así se conseguía una mayor calidad de audio y una relación señal-ruido mucho más adecuada que con la modulación en amplitud. Hasta nuestros días las estaciones de FM tienen un sonido más agradable que las típicas señales de AM.

Este fenómeno se acentuó con la aparición de las transmisiones en FM estéreo, las cuales aprovechan la alta frecuencia de la banda asignada a FM y el ancho de banda considerablemente mayor que se le permite utilizar a una estación de FM, comparado con una de AM (simplemente revise el cuadrante de la radio, y se percatará que cada pocos kilohertz encontramos una estación de AM; en cambio, las estaciones de FM están separadas por 0.8MHz -es decir, una separación de 800kHz entre señales, lo que da un amplio margen de maniobra).

El concepto detrás de la transmisión de señales de audio en estéreo a través de ondas radiales, es sumamente ingenioso. Como sabemos, cuando se modula una señal montándola sobre una cierta frecuencia portadora, alrededor de esta última aparecen unos lóbulos donde está contenida precisamente la información que se va a transmitir; sin embargo, si se tiene un amplio rango de maniobra, es posible introducir señales adicionales al audio principal, de modo que sirvan para distintos propósitos. En el caso concreto de la modulación FM estéreo, los investigadores dividieron la banda asignada a los lóbulos laterales de la siguiente manera (figura 16A):

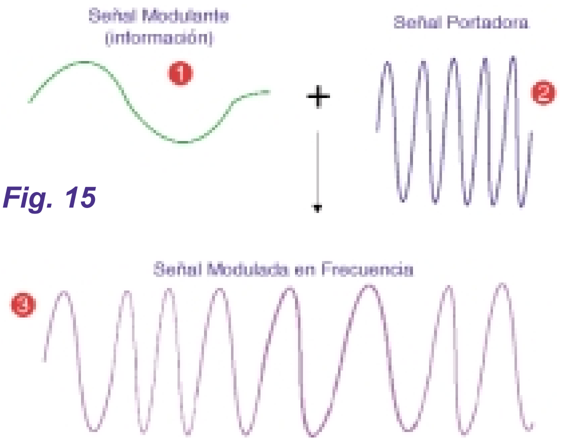


Fig. 15

- *En primer lugar, para colocar la señal original que se quiere transmitir, mezclaron las señales correspondientes a los canales derecho e izquierdo (señal L + R).*
- *Inmediatamente después, y sólo en caso de que la estación esté transmitiendo en estéreo, se envía una señal "piloto" que sirve para indicar al receptor que es necesario procesar la señal para que se puedan recuperar ambos componentes de la señal estereofónica.*
- *A continuación se envía otra banda de audio, resultante ahora de restar las señales de canal derecho e izquierdo (señal L - R). En un receptor FM monoaural, esta banda no es aprovechada, pero en uno estereofónico, dicha banda se combina con la primera para obtener finalmente las señales de canal L y de canal R; de esta forma se obtiene una señal estéreo de una transmisión radial. Aun cuando este procedimiento también puede realizarse con la modulación en amplitud, la baja calidad del audio obtenido de la señal AM ha desalentado cualquier esfuerzo por popularizar la transmisión AM estéreo.*
- *Para conseguir la separación de canales en el receptor, las señales L + R y L - R pasan por un proceso de suma y resta (figura 16B), en donde de la suma de ambas se obtiene exclusivamente la señal L, y de la resta se obtiene la señal R. Cada una de éstas puede entonces canalizarse hacia una bocina independiente, para disfrutar así de una señal de audio estereofónica prácticamente libre de interferencias.*

Sin duda alguna, estas son las dos bandas de radio más utilizadas comercialmente en el mundo; mas no son las únicas. Existen también bandas de onda corta, de radio-aficionados, de servicios de emergencia, etc.

Es más, puesto que en la actualidad estamos llegando al límite de saturación del espectro electromagnético, a los investigadores no les ha quedado otro recurso que comenzar a explotar frecuencias muy altas que hace pocos años se consideraban inalcanzables. Y todo esto, gracias al avance de la tecnología electrónica y de comunica-

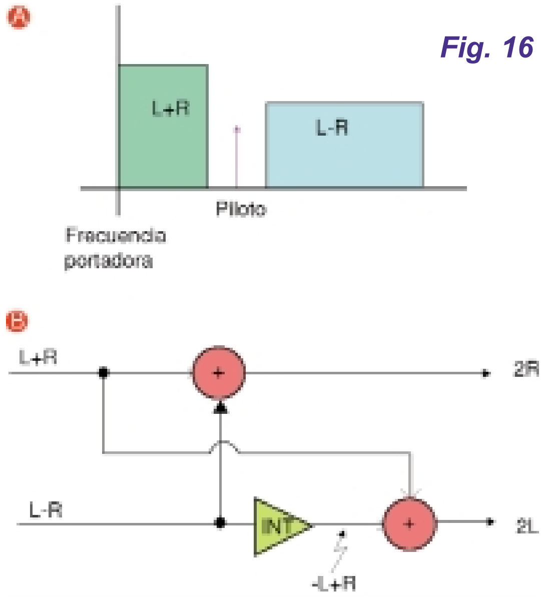


Fig. 16

Transistores de Efecto de Campo

ciones.

Los FET s

Los transistores de efecto de campo son dispositivos electrónicos con tres terminales que controlan, mediante la aplicación de tensión en uno ellos, el paso de la corriente eléctrica que los atraviesa; por eso se dice que “la corriente” es controlada por un efecto electrostático llamado ***efecto de campo .***

Es común encontrar a los FET’s como elementos activos en circuitos osciladores, amplificadores y de control. Debido a que el control de estos dispositivos se hace con tensiones y no con corrientes eléctricas, el consumo de éstas se minimiza. Esta característica es la que los hace especialmente atractivos para utilizarse como componentes básicos de construcción de sistemas cuyos consumos de energía son críticos; por ejemplo, en computadoras portátiles, en *walkmans* o teléfonos celulares, por mencionar sólo algunos.

EL JFET

Un FET de unión cuenta con una sección de semiconductor tipo N, un extremo inferior denominado ***˙fuente¨*** y uno superior llamado ***drenaje o drenador¨***; ambos son análogos al emisor y colector de un transistor bipolar.

Para producir un JFET, se difunden dos áreas de semiconductor tipo P en el semiconductor tipo N del FET. Cada una de estas zonas P se denomina ***˙ compuerta o puerta¨*** y es equivalente a la base de un transistor bipolar (figura 1).

Cuando se conecta una terminal y así se separa cada puerta, el transistor se llama “JFET de doble compuerta”. Estos dispositivos de doble puerta se utilizan principalmente en mezcladores (tipo MPF4856), que son circuitos especiales empleados en equipos de comunicación.

La mayoría de los JFET tienen sus dos puertas conectadas internamente para formar una sola terminal de conexión externa; puesto que las dos puertas poseen el mismo potencial, el dispositivo actúa como si tuviera sólo una.

Debido a que existe una gran analogía entre un dispositivo JFET y un transistor bipolar, muchas fórmulas que describen el comportamiento de aquél son adaptaciones de las denominaciones utilizadas en este último (tabla 1).

Efecto de campo

El efecto de campo es un fenómeno que se puede observar cuando a cada zona del semiconductor tipo P la rodea una capa de deplexión (figura 2); la combinación entre los huecos y los electrones crea las capas de deplexión.

Cuando los electrones fluyen de la fuente al drenador, deben pasar por el estrecho canal situado entre la zona semiconductora; la tensión de la puerta controla el ancho del canal y la corriente que fluye de la fuente al drenador. Cuanto más negativa sea la tensión, más estrecho será el canal y menor será la corriente del drenador. Casi todos los electrones libres que pasan a través del canal fluyen hacia el drenador; en consecuencia, $I_D = I_S$.

Si se considera que se encuentra polarizada en forma inversa la puerta de un JFET, éste actuará como un dispositivo controlado por tensión y no como un dispositivo controlado por corriente. En un JFET, la magnitud de entrada que se controla es la tensión puerta-fuente V_{GS} (figura 3). Los cambios en V_{GS} determinan cuánta corriente puede circular de la fuente al drenador; esta es la principal diferencia con el transistor bipolar, el cual controla la magnitud de la corriente de base (I_B).

Transistor bipolar	Denominación	Dispositivo JFET	Denominación
Emisor	E	Fuente	S
Base	B	Puerta	G
Colector	C	Drenador	D

Fig. 1

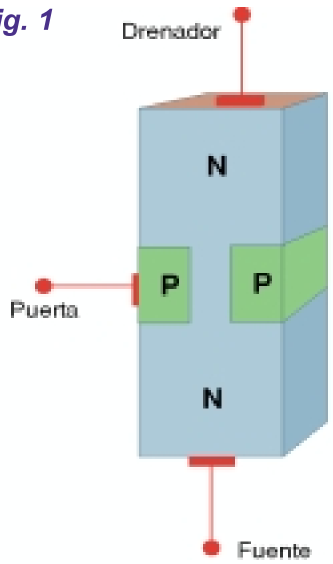
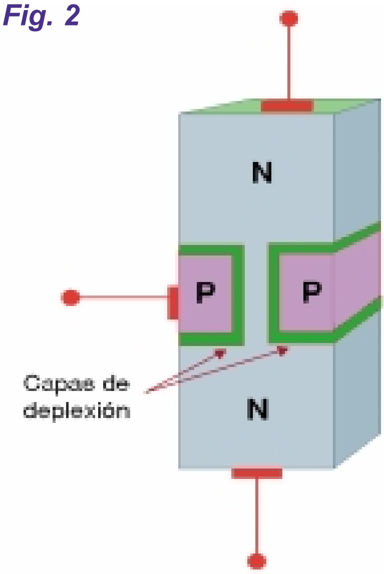


Fig. 2



El MOSFET de Empobrecimiento

El FET de semiconductor óxido-metal o MOSFET, está integrado por una fuente, una puerta y un drenador. La característica principal que lo distingue de un JFET, es que su puerta se encuentra aislada eléctricamente del canal; por esta causa, la corriente de puerta es extremadamente pequeña en ambas polaridades.

Fig. 3

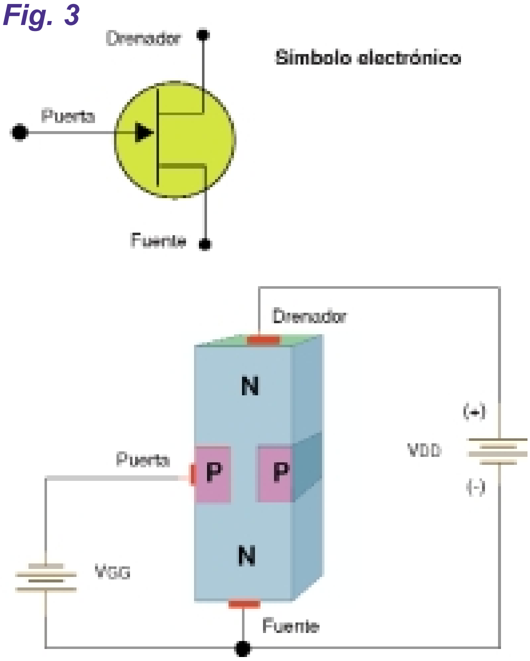


Fig. 4

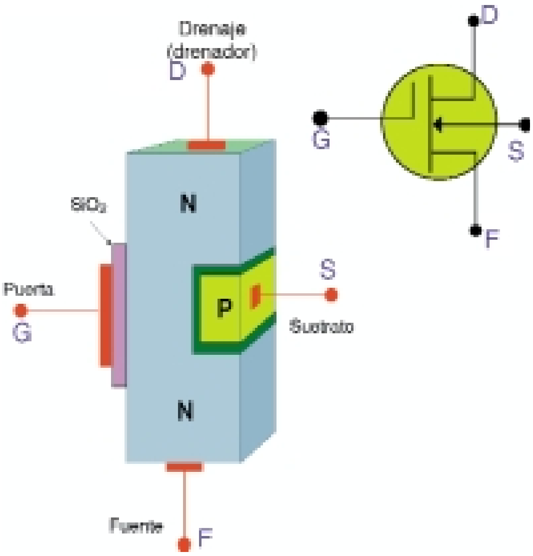
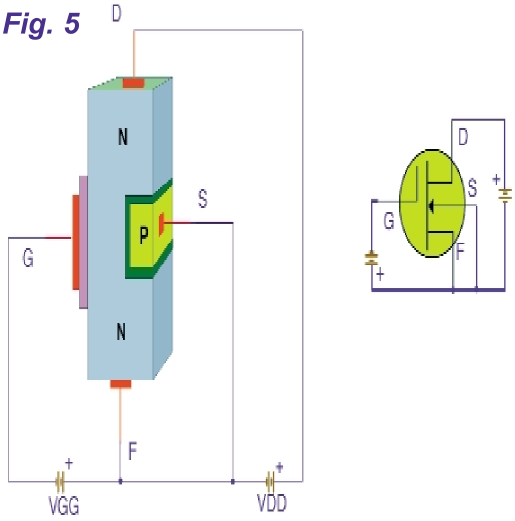


Fig. 5



Un MOSFET de empobrecimiento de canal N, también denominado MOSFET de deplexión, se compone de un material N con una zona P a la derecha y una puerta aislada a la izquierda (figura 4). A través del material N, los electrones libres pueden circular desde la fuente hasta el drenador; es decir, atraviesan el estrecho canal entra la puerta y la zona P (esta última, denominada "sustrato" o "cuerpo").

Una delgada capa de dióxido de silicio (SiO$_2$) se deposita en el lado izquierdo del canal. El dióxido de silicio aísla la puerta del canal, permitiendo así la circulación de una corriente de puerta mínima aun y cuando la tensión de puerta sea positiva.

En el MOSFET de empobrecimiento con tensión de puerta negativa, la tensión de alimentación V$_{DD}$ obliga a los electrones libres a circular de la fuente al drenador; fluyen por el canal estrecho a la izquierda del sustrato P (figura 5). Como sucede en el JFET, la tensión de puerta controla el ancho del canal.

La capacidad para usar una tensión de compuerta positiva, es lo que establece una diferencia entre un MOSFET de empobrecimiento y un JFET. Al estar la puerta de un MOSFET aislada eléctricamente del canal, podemos aplicarle una tensión positiva para incrementar el número de electrones libres que viajan por dicho conducto; mientras más positiva sea la puerta, mayor será la corriente que vaya de la fuente al drenador.

MOSFET DE ENRIQUECIMIENTO

Aunque el MOSFET de empobrecimiento es muy útil en situaciones especiales (circuitos de carga de batería o control de encendido de camas fluorescentes), no tiene un uso muy extenso; pero sí desempeña un papel muy importante en la evolución hacia el MOSFET de enriquecimiento ***(también llamado MOSFET de acumulación),*** que es un dispositivo que ha revolucionado la industria de la electrónica digital y de las comjputadoras. Sin él no existirían computadoras personales, que en la actualidad tienen un uso muy amplio.

En el MOSFET de enriquecimiento de canal N, el sustrato o cuerpo se extiende a lo ancho hasta el dióxido de silicio; como puede observar en la figura 6A, ya no existe una zona N entre la fuente y el drenador.

En la figura 6B se muestra la tensión de polarización normal. Cuando la tensión de la puerta es nula, la alimentación V$_{DD}$ intenta que los electrones libres fluyan de la fuente al drenador; pero el sustrato P sólo tiene unos cuantos electrones libres producidos térmicamente. Aparte de estos portadores minoritarios y de alguna fuga superficial, la corriente entre la fuente y el drenador es nula.

Por tal motivo, el MOSFET de enriquecimiento está normalmente en corte cuando la tensión de la puerta es cero. Este dato es completamente diferente en los dispositivos de empobrecimiento, como es el caso del JFET y del MOSFET de empobrecimiento.

Cuando la puerta es lo suficientemente positiva, atrae a la región P electrones libres que se recombinan con los huecos cercanos al dióxido de silicio. Al ocurrir esto, todos los huecos próximos al dióxido de silicio desaparecen y los electrones libres empiezan a circular de la fuente al drenador.

El efecto es idéntico cuando se crea una capa delgada de material tipo N próxima al dióxido de silicio.

Esta capa conductora se denomina «capa de inversión tipo N». Cuando el dispositivo se encuentra en estado de corte y de repente entra en conducción, los electrones libres pueden circular fácilmente de la fuente al drenador.

Ⓐ MOSFET de enriquecimiento. Observe que la zona P se extiende a lo ancho del dispositivo.

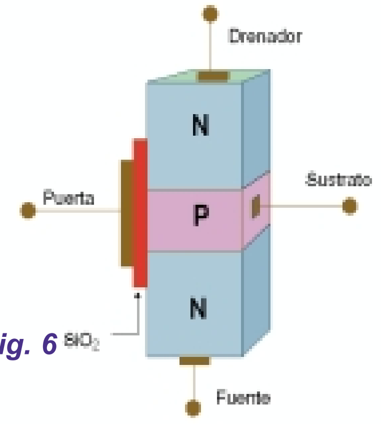
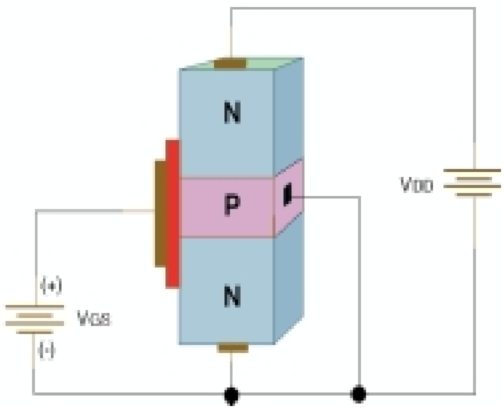


Fig. 6

Ⓑ Polarización normal de un MOSFET



La V_{GS} mínima que crea la capa de inversión tipo N se llama ***tensión umbral*** (V_{GS-Th}). Cuando V_{GS} es menor que V_{GS-Th}, la corriente del drenador es nula; pero cuando V_{GS} es mayor que V_{GS-Th}, una capa de inversión tipo N conecta la fuente al drenador y la corriente del drenador es grande. Dependiendo del dispositivo en particular que se use, V_{GS-Th} puede variar desde menos de 1 hasta más de 5 volt.

Los JFET y los MOSFET de empobrecimiento están clasificados como tales porque su conductividad depende de la acción de las capas de deplexión. El MOSFET de enriquecimiento está clasificado como un dispositivo de enriquecimiento porque su conductividad depende de la acción de la capa de inversión de tipo N. Los dispositivos de empobrecimiento conducen normalmente cuando la tensión de puerta es cero, mientras que los dispositivos de enriquecimiento están normalmente en corte cuando la tensión de la misma es también cero.

PROTECCIÓN DE LOS FET'S

Como mencionamos anteriormente, los MOSFET contienen una delgada capa de dióxido de silicio que es un aislante que impide la corriente de puerta para tensiones de puerta tanto positivas como negativas. Esta capa de aislamiento se debe mantener lo más delgada posible, para proporcionar a la puerta mayor control sobre la corriente de drenador. Debido a que la capa de aislamiento es tan delgada, fácilmente se puede destruir con una tensión ***compuerta-fuente*** excesiva; por ejemplo, un 2N3796 tiene una $V_{GS\ MAX}$ de ± 30 volts. Si la tensión puerta-fuente es más positiva de + 30 volts o más negativa de -30 volts, la delgada capa de aislamiento será destruida.

Otra manera en que se destruye la delgada capa de aislamiento, es cuando se retira o se inserta un MOSFET en un circuito mientras la alimentación está conectada; las tensiones transitorias causadas por efectos inductivos y otras causas, pueden exceder la limitación de $V_{GS\ MAX}$. De esta manera se destruirá el MOSFET incluso al tocarlo con las manos, ya que se puede depositar suficiente carga estática que exceda a la $V_{GS\ MAX}$. Esta es la razón por la que los MOSFET frecuentemente se empaquetan con un anillo metálico alrededor de los terminales de alimentación.

Muchos MOSFET están protegidos con diodos zener internos en paralelo con la puerta y la fuente. La tensión zener es menor que la $V_{GS\ MAX}$; en consecuencia, el diodo zener entra en la zona de ruptura antes de que se produzca cualquier daño a la capa de aislamiento. La desventaja de los diodos zener internos es que reducen la alta resistencia de entrada de los MOSFET.

Advertimos que los dispositivos MOSFET son delicados y se destruyen fácilmente; hay que manejarlos cuidadosamente. Asimismo, nunca se les debe conectar o desconectar mientras la alimentación esté conectada. Y antes de sujetar cualquier dispositivo MOSFET, es necesario conectar nuestro cuerpo al chasis del equipo con el que se está trabajando; así podrá eliminarse la carga electrostática acumulada en nosotros, a fin de evitar posibles daños al dispositivo.

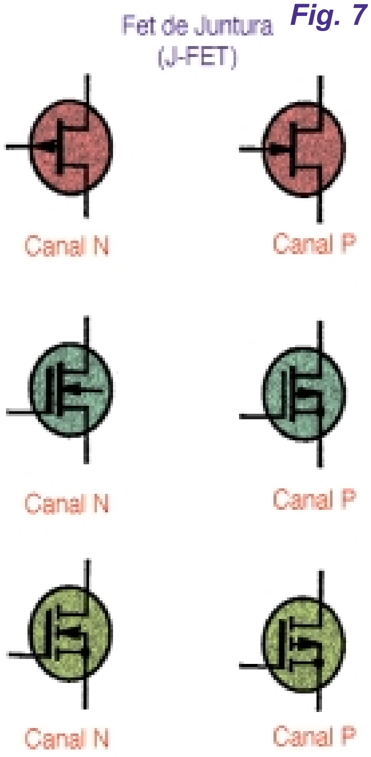
FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR DE EFECTO DE CAMPO

Los transistores de efecto de campo (T.E.C o F.E.T), representan una importante categoría de semiconductores, que combinan las ventajas de las válvulas de vacío (precursoras en el campo de la electrónica) con el pequeño tamaño de los transistores. Poseen una serie de ventajas con respecto a los transistores bipolares, las cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

- *Rigidez mecánica.*
- *Bajo consumo.*
- *Amplificación con muy bajo nivel de distorsión, aun para señales de RF.*
- *Bajo ruido.*
- *Fácil de fabricar, ocupa menor espacio en forma integrada.*
- *Muy alta resistencia de entrada (del orden de los 10^{12} a 10^{15} ohm).*

En cuanto a las desventajas, los transistores de efecto de campo poseen un pequeño producto ganancia-ancho de banda y su costo comparativo con los bipolares equivalentes es alto. Son muchas las clases de transistores de efecto de campo existentes y se los puede clasificar según su construcción, en transistores FET de juntura (TEC-J o J-FET) y transistores FET de compuerta aislada (IG-FET). A su vez, los FET de compuerta aislada pueden ser: a) de vaciamiento o estrechamiento de canal (lo que genera un canal

Fig. 7



permanente) y b) de refuerzo o ensanchamiento de canal (lo que produce un canal inducido).

Los símbolos más utilizados para representar los transistores recién presentados aparecen en la figura 7.

En los transistores de efecto de campo, el flujo de corriente se controla mediante la variación de un campo eléctrico que queda establecido al aplicar una tensión entre un electrodo de control llamado compuerta y otro terminal llamado fuente, tal como se muestra en la figura 8.

Analizando la figura, se deduce que es un elemento "unipolar", ya que en él existe un sólo tipo de portadores: huecos para canal P y electrones para canal N, siendo el canal, la zona comprendida entre los terminales de compuerta y que da origen al terminal denominado "drenaje". La aplicación de un potencial inverso da origen a un campo eléctrico asociado que, a su vez, determina la conductividad de la región y en consecuencia el ancho efectivo del canal, que irá decreciendo progresivamente a medida que aumenta dicha polarización aplicada, tal como puede deducirse del diagrama de cargas dibujado en la misma figura 8.

De esta manera, la corriente que circulará desde la fuente hacia el drenaje, dependerá de la polarización inversa aplicada entre la compuerta y la fuente.

Se pueden levantar curvas características que expresen la corriente circulante en función de la tensión entre drenaje y fuente, para una determinada tensión de polarización inversa entre la compuerta y la fuente. Para un transistor J-FET de canal N las características de transferencia y salida son las que se observan en la figura 9.

Del análisis de dichas curvas surge que:

$$ID = \frac{IDSS}{Vp^2}.\ (VGS - Vp)^2$$

donde:

IDSS = Máxima Corriente Estática de Drenaje

Vp = Tensión de Bloqueo

La expresión dada es válida para:

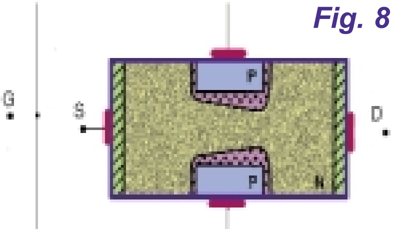
$$VDS \geq Vp - VGS$$

Condición conocida como ***"de canal saturado".***

DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE TRABAJO ESTÁTICO DEL FET

Para saber cómo se determina el punto de trabajo estático del transistor (punto Q), nos valemos del circuito graficado en la figura 10.

Fig. 8



Para dicho circuito, suponemos que los diferentes elementos que lo integran, tienen los siguientes valores:

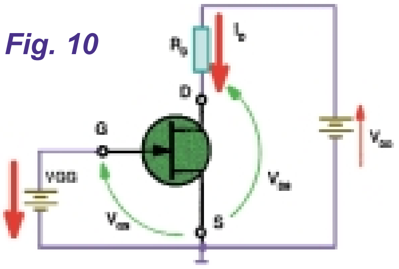
VDD = 12 V
RD = 1kΩ
VGG = 2V
IDSS = 10mA
Vp = - 4V

Del circuito propuesto, recorriendo la malla de entrada, se deduce que:

$$VGS + VGG = 0$$

luego:

Fig. 10



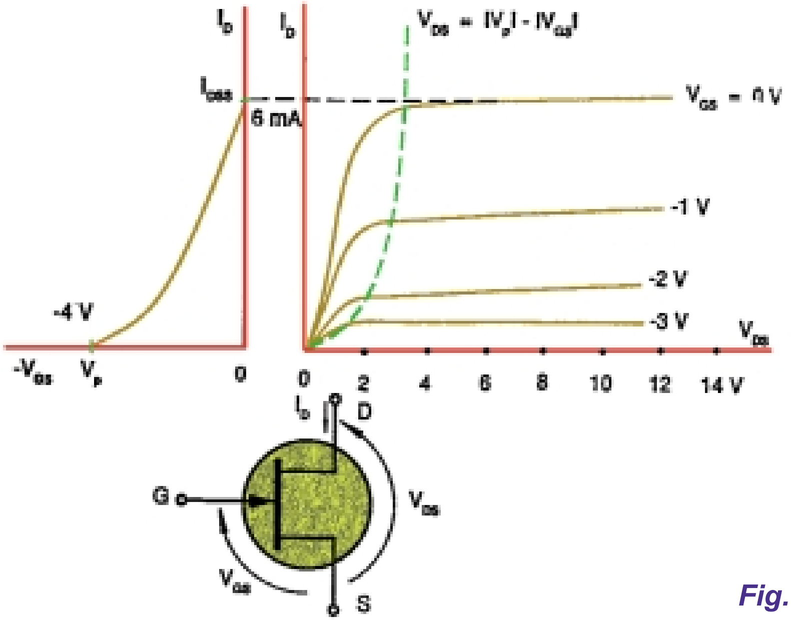
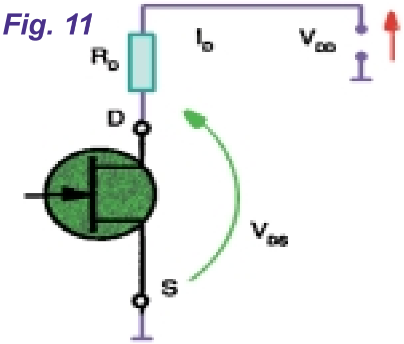


Fig. 9

Fig. 11



VGS = -VGG = -2 V

En condiciones de reposo, la corriente de drenaje se calcula:

$$IDq = \frac{IDSS}{Vp^{2}} \, . \, (VGS - Vp)^{2}$$

reemplazando valores:

$$IDq = \frac{10mA}{4V^{2}} \, . \, [(-2V) - (-4V)]^{2}$$

IDq = 2,5mA

Para continuar con el cálculo recorremos la malla de salida, la cual para simplificar se representa en la figura 11. De ella resulta:

VDSQ = VDD - IDQ . RD

Reemplazando valores:

VDSQ = 12 V - 2,5 mA . 1kΩ =
VDSQ = 9,5 V

Para saber si el cálculo es correcto, verificamos la condición de "canal saturado", es decir, veremos si el transistor opera dentro de la característica plana de las curvas de salida. Para ello, debe cumplirse que:

VDS ≥ Vp - VGS

reemplazando valores:

9,5 V ≥ 4 V - 2 V

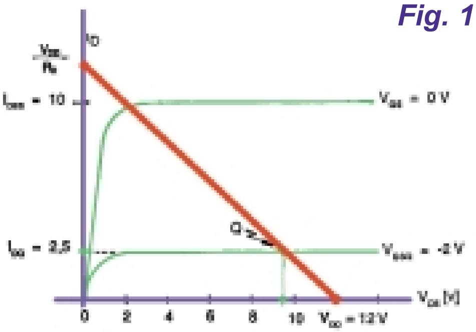
por lo tanto:

9,5 V ≥ 2V

Lo cual es correcto.

Gráficamente, trazamos la recta de carga estática (R.C.E.) sobre las características de salida y verificamos el punto de reposo "Q", lo cual se verifica en la figura 12.

Fig. 12



Un punto de la curva será:

VDS = 0 ; ID = VDD/RD
Reemplazando valores:

VDS= 0V ; ID =

VDS=12V/1000Ω = 12mA

El otro punto de la recta se calcula:

VDS = VDD ; ID = 0

Reemplazando valores:

VDS = 12V ; ID = 0mA

Trazada la recta estática de carga, se comprueba que al cortar la misma a la curva de salida para VGS = -2V, se obtiene IDq = 2,5mA y VDSq = 9,5V.

Intercomunicador por la Red Eléctrica

En principio, podemos decir que este circuito es un "timbre portátil", porque al ser colocado en una habitación, puede ser trasladado a otro ámbito según los requerimientos que se deseen cumplir, sin tener que instalar cables para su conexión. La ventaja del circuito es que es pojsible hacer varios receptores que funcionen con un "único" transmisor, o varios transistores que funcionen con un único receptor. Además, se pueden construir dos transmisores y dos receptores para que el sistema funcione como intercomunicador. El dispositivo básico entonces, puede ser considerado como un timbre que no precisa cables para su instalación y está constituido por un pequeño transmisor y un simple receptor que funcionan en una frecuencia de 100kHz.

La señal que genera el transmisor se conduce hacia el receptor a través de los cables de la instalación eléctrica de su casa y funciona con la base de la transmisión de señales por medio de una portadora que puede ser recepcionada por diferentes equipos instalados en varios puntos de la red. Es por ello, que el circuito tiene sus limitaciones, en especial se debe conectar el sistema de manera tal que las masas tanto del transmisor como del receptor queden sobre un mismo conductor de la red, de tal manera que conectando la ficha sobre el toma, simple y llanamente no va a funcionar, por lo cual se deberá invertir la ficha. Dicho de otra manera: si al enchufar el aparato nada capta, la solución es invertirlo.

El Circuito Transmisor

El sistema está formado por un transmisor y un receptor.

El esquema eléctrico del transmisor se muestra en la figura 1. Está constituido por tres transistores y un circuito de alimentación, que no precisa transformador reductor.

En serie con la ficha de conexión a la red se conecta el

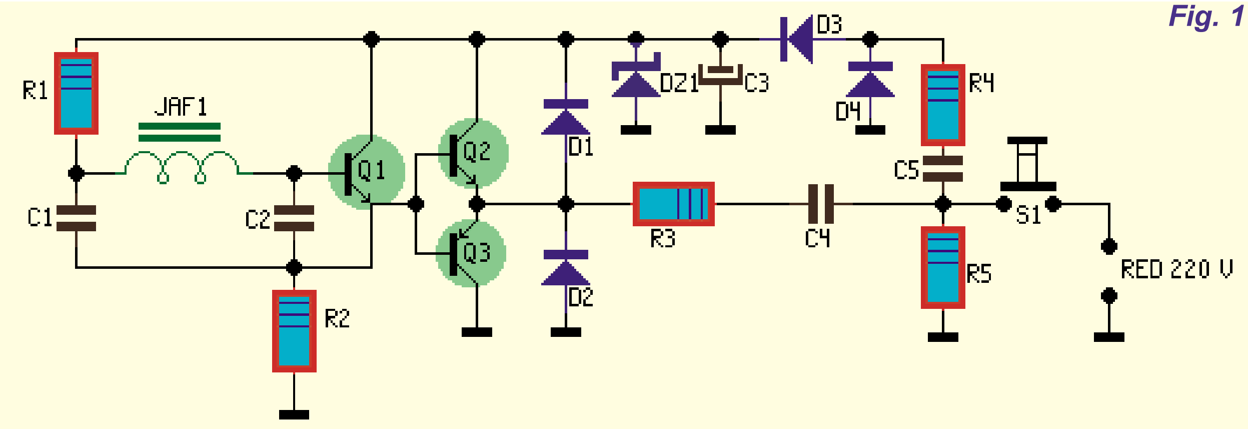


Fig. 1

pulsador P1, de tal manera que en el momento de accionarlo, sonará la chicharra del receptor. El funcionamiento es sencillo, al accionar este botón se aplicará la tensión de red al capacitor C5, cuya carga limita la tensión que será aplicada al transmisor. La tensión alterna de alimentación es rectificada por los dos diodos DS-3 y DS-4 y se filtra por el capacitor C3.

El diodo zéner DZ1, en paralelo con C3, estabiliza la tensión de alimentación a un valor de 30V. El transmisor consiste en un oscilador formado por Q1 y sus componentes asociados, como la bobina JAF1, una impedancia de audiofrecuencia de 1mH y dos capacitores de 4,7nF (C1-C2).

Este circuito genera una frecuencia de alrededor de 100kHz, según los valores mostrados. R2 cumple la función de ***conectar*** el oscilador con la masa del sistema.

CIRCUITO ARMADO DEL TRANSMISOR

La señal de 100kHz generada por Q1, llegará a las bases de los transistores Q2 y Q3 que están conectados en push-pull, y que constituyen la etapa amplificadora final de potencia.

Los emisores de Q2 y Q3 tienen una señal de 100kHz con una amplitud del orden de los 25V pico a pico y por medio de la resistencia R3 y el capacitor C4, se inserta al cable de la red eléctrica de 220V, es decir, que cualquier receptor conectado en la misma instalación la puede captar. El circuito consume corriente sólo al pulsar el botón P1 y su valor no llega a los 10mA. Cabe destacar que, si se desea transmitir una señal de audio, como por ejemplo la voz humana, en lugar del oscilador habrá que conectar un pequeño transmisor de AM de los muchos publicados en Saber Electrónica (Saber Nº 5, Saber Nº 28, etc.), esto reduce su tensión de alimentación por medio de un regulador zéner y conectará la salida a las bases de Q2 y Q3. Si desea utilizar el aparato sólo como timbre sin cable, puede armar el transmisor de la figura 1 en una placa de circuito impreso como la mostrada en la figura 2.

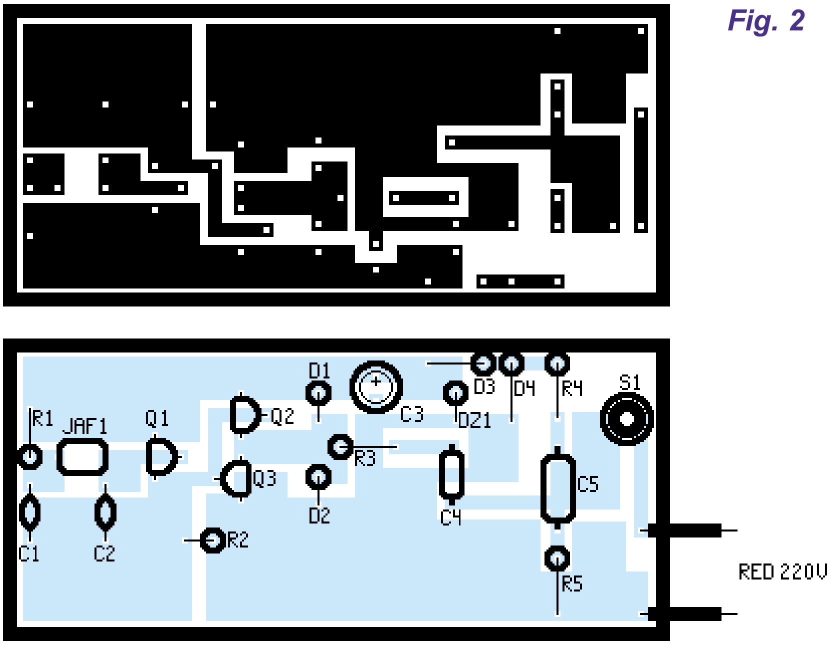
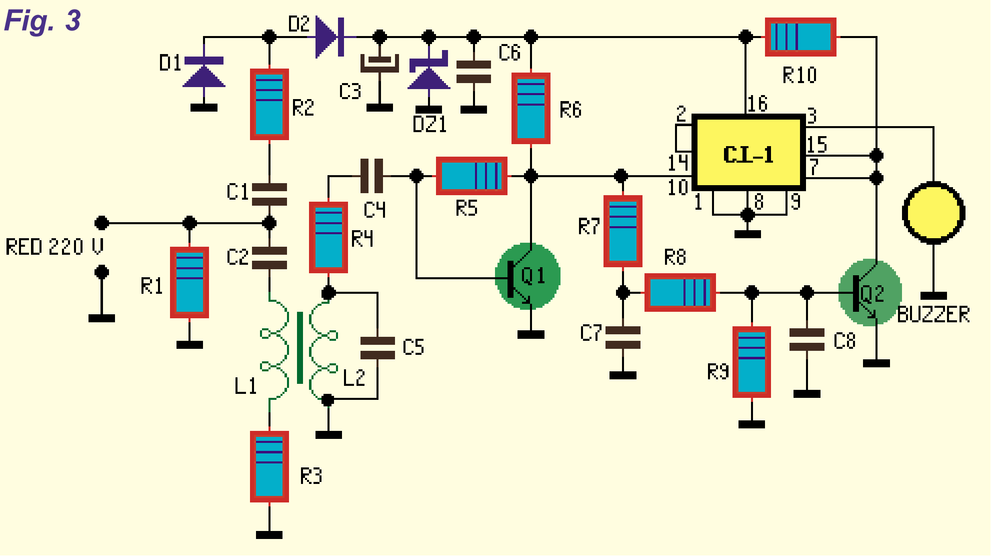


Fig. 2

El Circuito Receptor

Fig. 3



En la figura 3 vemos el esquema eléctrico del receptor, en el mismo se usan dos transistores y un integrado CMOS tipo CD4528.

El circuito se conecta a un toma cualquiera de la corriente eléctrica y posee una etapa de alimentación formada por el capacitor C1, la resistencia R2 y los dos diodos rectificadores DS1-DS2. El capacitor electrolítico de filtro C3 y el diodo zéner DZ1 estabilizan la tensión de alimentación en 15V.

C2 cumple la función de "captar" la señal de 100kHz generada por el transmisor y conducirla hacia la bobina L1. El arrollamiento de L1 está hecho sobre un núcleo toroidal común que tiene un segundo arrollamiento (L2), de forma tal que la señal que está en L1 pasará inductivamente a L2. El arrollamiento secundario hará sintonía con la frecuencia de 100kHz por medio del capacitor C5 de 2,2nF.

La función de Q1 es la de amplificar la señal débil que está en la bobina L2, para aplicarla a la entrada del circuito integrado por medio de su pata 10. Este integrado CMOS se utiliza para dividir por 20 la señal de 100kHz, por lo tanto en su salida (pata 3), se verá una frecuencia audible, que se puede emplear en la chicharra piezoeléctrica marcada en el esquema eléctrico como CP1. El transistor Q2 cumple la función "squelch", que quiere decir, que desecha todas las interferencias espúreas que están en la línea de red y bloquea el funcionamiento del integrado divisor que no están en la línea de los 100kHz emitidos por el transistor.

Si va a utilizar el sistema como intercomunicador de voz deberá cambiar este esquema: conectará en paralelo con C6 un receptor de AM sintonizado a la frecuencia del transmisor. Para ello, deberá levantar R4 y desechar Q1, IC1, Q2 y todos sus componentes asociados.

Si va a utilizar el sistema como timbre sin cables, puede armar el receptor de la figura 3 en un circuito impreso como el mostrado en la figura 4.

Al montar el circuito transmisor de la figura 1 debe tomar en cuenta que Q1 y Q2

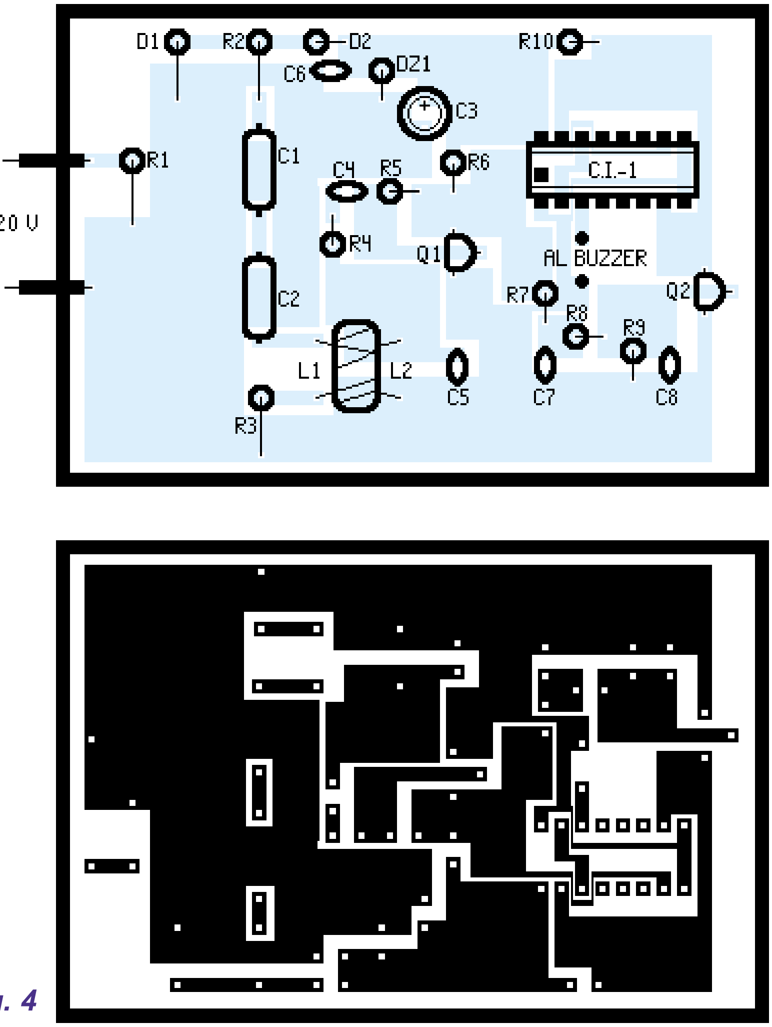


Fig. 4

son dos NPN clase BC237, y que Q3 es un tipo BC328.

Con un osciloscopio, se puede verificar si entre los dos emisores de Q2 y Q3 y la masa, está la señal presente de onda cuadrada de unos 25V pico a pico, de 100kHz.

ATENCION:

Los componentes están conectados a la tensión de red de 220V en forma directa, de modo que no hay que tocarlos para que no sufra una fuerte descarga eléctrica.

Para armar el receptor, lo primero que hay que efectuar es el arrollamiento alrededor del núcleo toroidal de las bobinas L1 y L2.

Para efectuar el arrollamiento se usará cable recubierto de plástico, o alambre esmaltado de 1 mm de diámetro. Para la bobina L1 se darán 6 vueltas alrededor del núcleo, para la L2, 16 vueltas alrededor del núcleo. Se aconseja montar IC1 en un zócalo.

Para verificar el funcionamiento del timbre, se debe colocar el transmisor en un tomacorriente y el receptor en otro, dentro de una misma habitación, luego se aprieta el botón de llamada, y se verifica la reproducción en el piezoeléctrico del receptor.

Si no se escucha la chicharra, invierta la ficha sobre el toma y vuelva a repetir la experiencia. Si la masa del transmisor y la masa del receptor no están en el mismo cable de la red eléctrica, el circuito no funcionará, luego si se invierte la ficha (sólo la del receptor) pero el sistema igualmente no funciona, quiere decir que hay algún error.

Si se tiene un Generador de BF, para verificar el funcionamiento del receptor, se puede aplicar una señal de externa de 100kHz de onda cuadrada en paralelo con la bobina L2. Hay que tomar en cuenta que en todo el circuito impreso circula la corriente de red de 220V, por lo tanto no se deben tocar las pistas con los dedos, luego, girando la sintonía del generador llegará un momento en que se produzca el zumbido del traductor piezoeléctrico. Si el receptor funciona de esta forma, quiere decir que el error está en el transmisor, por lo cual se deberá verificar su funcionamiento.

CIRCUITO ARMADO DEL RECEPTOR

Lista de Materiales del Transmisor

R1 = 100kΩ
R2 = 3k3
R3 = 47Ω
R4 = 1kΩ
R5 = 10MΩ
C1, C2 =4,7nF – capacitores de poliéster
C3 = 100µF x 25V – cap.electrolítico
C4 = 47nF x 400V – capacitor de poliéster
C5=330nF x 400V – capacitor de poliéster
D1 a D4 = diodo 1N4007 diodos rectificadores
DZ1 = diodo zener de 30V x 1 watt
JAF1 = impedancia de 1mH
Q1 =NPN tipo BC237 o BC548
Q2 =NPN tipo BC237 o BC548
Q3 =PNP tipo BC328 o BC558
S1 = pulsador normal abierto

Lista de Materiales del Receptor

R1 = 10MΩ
R2 = 1kΩ
R3 = 47Ω
R4 = 3k3
R5 = 330kΩ
R6 = 10kΩ
R7 = 120kΩ
R8 = 100kΩ
R9 = 27kΩ
R10 = 22kΩ
C1, C6, C7, C8 = 0,1µF - capacitores cerámicos
C2 = 47nF – capacitor de poliéster
C3 = 47µF x 25V – cap. electrolítico
C4 = 4,7nF – capacitor cerámico
C5 = 2,2nF – capacitor cerámico
D1, D2 = 1N4007 – diodos rectificadores
DZ1 = diodo zéner de 15V por 1W
L1, L2 = ver texto
Q1, Q2 = BC548 – transistores NPN de uso general
IC1 = CD4520 – Circuito integrado CMOS divisor por 10.
Tr = Transductor piezoléctrico

Varios

Placas de circuito impreso, gabinetes para el montaje, cables de conexión, fichas para 220V, estaño, etc. **********************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos de edición semanal, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Leopoldo Parra, Felipe Orozco, Horacio Vallejo y Oscar Montoya Figueroa.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

Mediciones en Circuitos Transistorizados

8

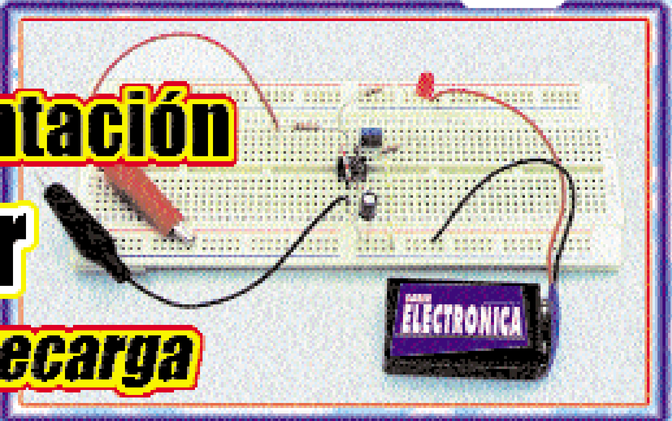
El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

Instrumentos para Corriente Continua

ES UNA EDICION ESPECIAL DE
SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Bricolage



Fuente de Alimentación Para el Taller con Control de Sobrecarga

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 8

INSTRUMENTOS PARA CORRIENTE CONTINUA

Instrumentos analógicos 115
Funcionamiento de algunos instrumentos analógicos 117
Empleo como amperímetro 117
Empleo como voltímetro 118
Ohms por volt en los voltímetros de continua 118
Causas de errores en las mediciones 118
Las puntas de prueba 120
Puntas pasivas 120
Puntas activas 121

MEDICIONES EN CIRCUITOS TRANSISTORIZADOS

a) apertura de los circuitos de polarización 122
b) apertura de los elementos del transistor . .122
c) entrada en corto de los elementos del transistor 122
d) entrada en corto de elementos de acoplamiento de la etapa 123

EL SURGIMIENTO DE LA TV

Qué es la televisión 124
El televisor despliega señales eléctricas 125
Orígenes de la televisión 125
Se establecen los formatos 126
Cómo se convierte la imagen en señales eléctricas .127
La señal de video compuesto 127

FUENTE DE ALIMENTACIÓN CON CONTROL DE SOBRECARGA 128

Cupón Nº 8

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 8

Instrumentos Para Corriente Continua

INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Un instrumento analógico no necesita alimentación, excepto en la medida de resistencias, por lo que tranquilamente podemos medir volt (normalmente decimos voltios) o ampere (solemos decir amperes) sin problemas.

En el caso de las pinzas amperométricas, con las cuales se mide la intensidad de C.A. en un conductor, especialmente en ambientes industriales, la corriente en estos casos fluctúa continuamente y es más fácil apreciar las variaciones en un instrumento con aguja, mientras que uno digital nos muestra una sucesión de cifras que varían continuamente.

Por otra parte, debemos considerar los métodos de medición por oposición que comprenden los puentes de Wheatstone y los potenciómetros.

Comencemos por los instrumentos de aguja. El movimiento de la misma se produce utilizando distintos efectos de la corriente eléctrica. Según el efecto empleado para producir dicho movimiento, pueden los voltímetros y amperímetros de indicación directa dividirse en los siguientes grupos:

a) Instrumentos fundados en los efectos magnéticos de la corriente: de bobina móvil, de hierro móvil.

b) Instrumentos fundados en los efectos térmicos de la corriente: instrumentos térmicos.

c) Instrumentos basados en los efectos electrodinámicos de la corriente: electrodinamómetros.

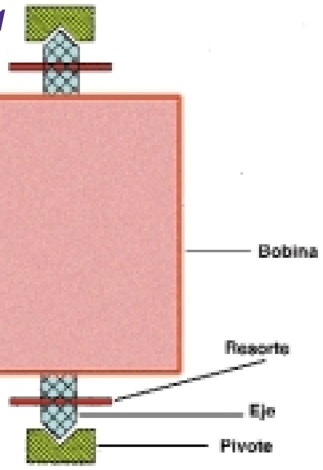
d) Instrumentos electrostáticos: voltímetros electrostáticos.

Con excepción de los mencionados en (d), todos los demás tipos de instrumentos pueden servir indistintamente para hacer medidas de tensión o de intensidad, ya que, en general, la medida de tensión se reduce a la medida de una corriente proporcional a ella.

a) Los detalles de construcción, especialmente en lo que respecta a la suspensión y amortiguación son similares entre los distintos tipos de instrumento. Por ello describiremos con más detalle a los instrumentos de bobina móvil, éstos poseen una bobina en forma de cuadro rectangular, Fig. 1, el que puede ser de aluminio o de algún material aislante, que generalmente se encuentra soportada por dos ejes que giran sobre pivotes de acero duro o, en muchos casos, sobre piedras preciosas, por ej. zafiro. Sobre los ejes hay dos resortes, uno en cada uno, conectados en forma antagónica, que sirven para mantener el cero, suministran la fuerza necesaria para volver a su posición de reposo al interrumpirse el paso de la corriente y están conectados a los extremos de la bobina móvil. Esta bobina se encuentra sumergida en el campo magnético proporcionado por un imán permanente. La reacción entre este campo permanente y el creado por el paso de corriente por la bobina móvil, hacen que esta última gire y con ella una aguja que indicará sobre una escala, la que se puede calibrar en términos de cualquier parámetro que sea proporcional a la corriente, amperes, voltios, ohms, temperatura, etc.

Otra forma de montaje de la bobina móvil es por medio de una cinta, la que cumple la misma función que el conjunto de ejes y resortes, Fig. 2, y tiene la ventaja de eliminar el rozamiento entre los ejes y los pivotes, aunque a cuenta de una fragilidad algo mayor en el sistema mecánico, por lo cual generalmente se lo usa en instrumentos de laboratorio de alta precisión.

Fig. 1



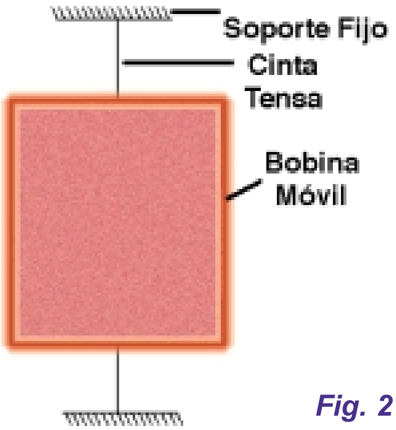
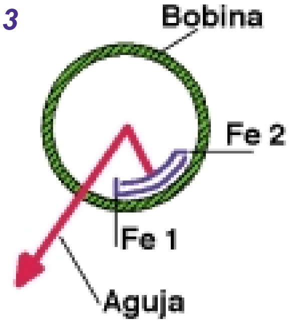


Fig. 2

Dentro de esta categoría debemos considerar los instrumentos de hierro móvil, en lugar de una bobina que gira, el sistema consta de dos chapas de hierro dulce, las que en ausencia de corriente se encuentran muy próximas entre sí, y son imantadas al mismo tiempo por la acción de una bobina que las rodea. Una de las chapas se encuentra fija y la otra puede girar sobre un eje, con una aguja adosada a él, y con un montaje mecánico similar al de bobina móvil. Cuando circula corriente en la bobina que rodea a ambas chapitas, éstas

Fig. 3



se imantan y se repelen en un ángulo proporcional a la corriente. Fig. 3.

Todos los sistemas móviles poseen inercia, y cuando deflexionan, hasta un lugar determinado, por inercia siguen un poco más y luego retroceden algo, y así oscilan un tiempo, lo que dificulta las mediciones, ya que hay que esperar hasta que estas oscilaciones se amortigüen. Para disminuir este inconveniente, estos sistemas se proveen de un amortiguamiento artificial. Este amortiguamiento debe ser tanto más efectivo cuanto mayor sea la velocidad del movimiento, pero debe anularse cuando el sistema se encuentra en reposo. Esto es necesario para impedir que el amortiguamiento se oponga a pequeños movimientos lentos, ya que, en este caso, la sensibilidad del instrumento para pequeñas variaciones resultaría perjudicada. Se consigue un amortiguamiento dinámico por alguno de los siguiente métodos: por corrientes de Foucault y por cámara de aire. En el primer caso, la forma más práctica de obtener el amortiguamiento es bobinando a la bobina móvil sobre una forma de aluminio.

Esta constituye una espira en cortocircuito, y en ella se induce una corriente que se opone al movimiento.

En el amortiguador por cámara de aire, Fig. 4, una paleta de aluminio muy liviana se encuentra adosada al eje, por medio de un brazo, y corre dentro de un tubo curvado con un muy pequeño espacio entre la paleta y el tubo, la viscosidad del aire produce rozamiento **cuando la paleta se mueve** y es así como se amortigua el movimiento.

b) Los instrumentos térmicos utilizan la dilatación que se produce en un hilo metálico por el paso de corriente. Si bien actualmente han caído en desuso, no está demás una breve descripción de su funcionamiento. Fig. 5. Un instrumento típico de esta clase, y de buena calidad, poseía un hilo de platino-iridio de 0.06 mm de diámetro y unos 16 cm de longitud. Aproximadamente, en el medio de este hilo Hp, sólidamente fijado en sus extremos, va unido otro de latón de unos 10 cm de longitud y 0.05 mm de diámetro, cuyo otro extremo es igualmente fijo. Del centro de este hilo parte un tercero de material aislante que, pasando por una pequeña polea termina en un resorte r; éste mantiene en tensión el sistema de hilos. Al pasar corriente por Hp, lo calienta y produce su dilatación, esto hace que la polea gire. Su eje, y la aguja solidaria con éste, está sostenido por pivotes y gira en éstos. El tornillo t sirve para ajustar el cero.

Una ventaja que tiene este tipo de instrumentos es que pueden usarse con continua y con alterna, la calibración es la misma para ambos tipos de corriente.

c) Instrumentos electrodinámicos. Con el nombre de efectos electrodinámicos se designa, principalmente, la fuerza de atracción o repulsión que ejercen mutuamente los conductores paralelos, al ser atravesados por corrientes de sentidos iguales u opuestos. Los instrumentos construidos, fundándose en este principio, se denominan también electrodinamómetros y se aplican lo mismo como amperímetros que como voltímetros; sin embargo, la aplicación más corriente del principio electrodinámico tiene lugar en los vatímetros. Esencialmente constan de una bobina fija A y de una móvil B, que puede girar alrededor de un eje vertical. Fig. 6.

Estas bobinas son generalmente de construcción diferente, en lo que respecta a la sección del alambre y a la cantidad de espiras de cada una.

El sistema móvil debe ser de poco peso, por lo tanto no puede ser de alambre grueso, la corriente que por ella circula oscila entre los 20 y los 500 mA, y su combinación con la bobina fija depende de que el instrumento sea un voltímetro, un amperímetro o un vatímetro. La bobina fija puede construirse para una corriente que varía entre algunas décimas

Fig. 4

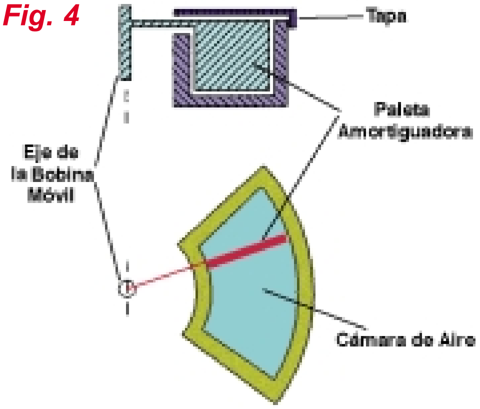
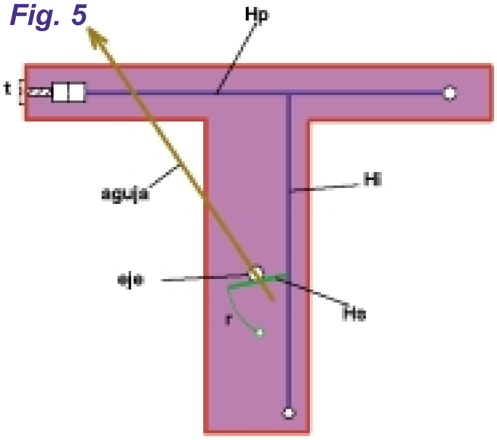


Fig. 5



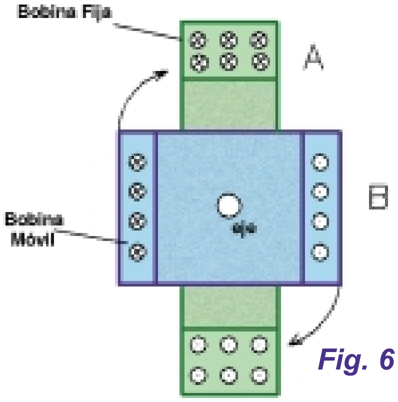
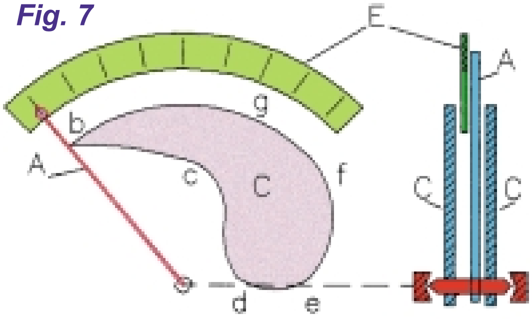


Fig. 6

Fig. 7



de ampere hasta varias décadas. Los instrumentos de este tipo son muy precisos y, los de buena calidad, se entregan con una curva de error en función de la temperatura y con especificaciones precisas en lo que se refiere a las condiciones de uso. La potencia consumida por este tipo de instrumento es sensiblemente mayor que la de los tipos anteriores.

d) Los instrumentos electrostáticos se fundan como su nombre indica, en la atracción o repulsión de cantidades de electricidad estática, y pueden emplearse, por tanto, en medidas de tensión. En relación a los voltímetros descriptos hasta ahora tienen la ventaja de que la corriente absorbida por ellos es prácticamente nula en continua y muy pequeña en alternada. Como la fuerza desarrollada es muy baja pueden usarse a partir de tensiones relativamente altas, 200-300V, en cambio su límite superior es muy alto y puede llegar al millón de voltios.

Una implementación práctica de este tipo de instrumento se puede apreciar, en forma esquemática, en la Fig. 7. Consta de dos placas paralelas C, limitadas por las curvas b, c, d, e, f, g, unidas entre sí mecánica y eléctricamente; en general se designa al conjunto de las dos como cámara. Entre estas dos placas puede oscilar la aguja metálica A, bien aislada de aquéllas. Uno de los polos de la tensión a medir se une a la cámara y el otro a la aguja. Esta será atraída electrostáticamente por las placas y, por tanto, su movimiento será hacia el interior de la cámara. La forma especial de las láminas de la cámara permite una deflexión lineal de la aguja.

FUNCIONAMIENTO DE ALGUNOS INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Veremos con más detalle el funcionamiento y la utilización de los instrumentos de bobina móvil. El funcionamiento de éstos se funda en el hecho de que un conductor recorrido por una corriente, cuando se encuentra dentro de un campo magnético sufre una desviación. El sentido de la fuerza producida por esta desviación es siempre perpendicular a la dirección de la líneas de fuerza del campo y depende de las direcciones de éste y de la corriente. La magnitud de la fuerza es proporcional a la intensidad de la corriente, a la del campo magnético y a la longitud del conductor. Si por las espiras de la bobina pasa una corriente Ig tenderá a desviarse, a causa de un par de giro electromagnético, cuya magnitud es proporcional a la intensidad I, $M1 = C1 . I1$

El factor de proporcionalidad C1 depende del número de espiras de la bobina, de sus dimensiones y de la intensidad del campo magnético, siendo, por consiguiente constante. Bajo la influencia de este par de giro la bobina se desplaza, y se ponen en tensión, al mismo tiempo, los dos resortes. Igualmente la reacción de los resortes crece cuando aumenta el ángulo de giro de la bobina, giro que continúa hasta que se produzca el equilibrio entre el par M1 y el par antagonista de los resortes. Este último es proporcional al ángulo de giro a, es decir, $M2 = C2 . \alpha$, en donde la constante C2 solamente depende de las dimensiones de los resortes. En estado de equilibrio se tiene, en resumen:

$M1 = M2$, o bien,
$C1 . Ig = C2 . \alpha$

De donde se deduce que:

$Ig = C2 . \alpha / C = K . \alpha$

Es decir, la desviación α de la aguja es proporcional a la intensidad de la corriente que pasa por la bobina móvil. El factor K de proporcionalidad depende sólo de la construcción del instrumento y recibe el nombre de constante del instrumento. Debido a la proporcionalidad entre la intensidad Ig y el ángulo de desviación de la aguja α, la escala lleva una graduación completamente uniforme. A consecuencia de la dependencia existente entre el sentido de la desviación de la aguja y la dirección de la corriente, los instrumentos de bobina móvil son sólo utilizables para corriente continua. El amortiguamiento se consigue por medio del mismo bastidor de aluminio, que puede considerarse una espira en cortocircuito en la que se induce una intensa corriente cuando se mueve dentro de un campo magnético.

El peso del sistema móvil debe ser lo más reducido posible, lo cual exige que el diámetro del alambre, arrollado sobre la forma de la bobina móvil, y la sección de los resortes sean asimismo muy pequeños. Es por esto que la corriente que puede manejar un instrumento de este tipo es como máximo de unos pocos miliamperes, alrededor de 50-100mA como máximo. Por otra parte cuanto mayor es la cantidad de vueltas del alambre de la bobina móvil, más sensible es el instrumento, pero al aumentar las vueltas y al mismo tiempo disminuir la sección del alambre, la resistencia de la bobina móvil aumenta. Los instrumentos cuya bobina móvil está confeccionada con pocas vueltas de alambre grueso se usan preferentemente como amperímetros, los que son más sensibles conviene utilizarlos como voltímetros.

EMPLEO COMO AMPERŒMETRO

Cuando la corriente que debe medirse es mayor que el alcance del instrumento, es necesario que el exceso de corriente se derive por otro camino, para ello se coloca una resistencia en paralelo

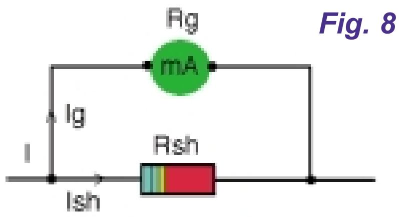


Fig. 8

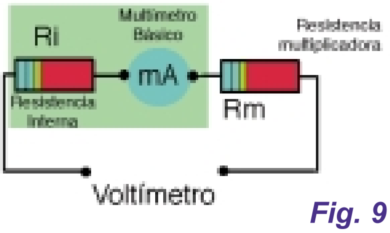


Fig. 9

con la bobina móvil. El valor de la misma se calcula de modo que la corriente total que circula sea un múltiplo entero de, por ejemplo, 10, de modo que se pueda usar la misma escala para distintos rangos de medida. Corrientemente a esta resistencia se la denomina shunt.

El cálculo del mismo puede hacerse de la siguiente manera: la caída de tensión en la bobina móvil es la misma que se produce en el shunt, ya que ambos están en paralelo, Fig. 8. Supongamos que deseamos calcular el shunt para medir una corriente I, por la resistencia Rg de la bobina móvil circula la corriente Ig, luego por la resistencia del shunt Rsh, circulará la corriente diferencia I - Ig. Como la caída es igual en ambas tenemos:

$$Ig \cdot Rg = (I - Ig) \cdot Rsh \qquad [1]$$

Supongamos que deseamos implementar un amperímetro con alcance máximo de 1 ampere, utilizando un miliamperímetro de 1mA de sensibilidad y 50 ohms de resistencia interna. De la fórmula [1] deducimos el valor del shunt: R, = I R/(I - I) [2]. Reemplazando en [2], obtenemos:

$$Rsh = 0{,}001 \cdot 50/(1-0{,}001) =$$
$$= 0{,}05/0{,}999 = 0.05005\Omega =$$
$$Rsh = 0{,}05\Omega.$$

Al colocar un shunt a un instrumento de bobina móvil, la resistencia resultante de la combinación se reduce considerablemente, lo que ocasiona una menor caída de tensión sobre el instrumento.

Empleo Como Voltímetro

Cuando por las espiras de la bobina móvil circula una corriente Ig, existe entre sus extremos una caída de tensión, o sea, que por ley de Ohm, la corriente circulante es proporcional a la tensión, luego podemos graduar la escala del miliamperímetro en voltios. En el ejemplo anterior, el instrumento es de 1mA a plena escala y tiene una resistencia interna R = 50Ω. Luego, por ley de Ohm la caída de tensión es de:

$$0{,}001 \cdot 50 = 0{,}050V = 50mV$$

Si queremos medir tensiones mayores debemos aumentar el alcance mediante resistencias en serie, Fig. 9. Supongamos que queremos medir tensiones de hasta 100V. Como el alcance del instrumento es de 1mA, el valor de la resistencia serie debe ser tal que con 100V aplicados, la corriente no sobrepase el mA. Este valor se calcula muy simplemente aplicando la ley de Ohm, ***R = E/I***, sustituyendo, tenemos:

$$100/\ 0{,}001 = 100.000\Omega$$

En realidad ésta debe ser la resistencia total o sea la suma de la resistencia interna más la resistencia externa. En este ejemplo esto no tiene importancia ya que 50Ω es un porcentaje muy pequeño frente a 100kΩ.

Los voltímetros de c.c., corrientemente usados en electrónica, emplean según los casos instrumentos de 10µA hasta 10mA. Un valor común en la actualidad es 50µA. En cambio, en los patrones de laboratorio se usan los de varios miliamperes, generalmente 10 por razones de robustez y estabilidad de calibración.

Ohms por Volt en los Voltímetros de Continua

Es el valor que se obtiene dividiendo 1 volt por la corriente a plena escala, en amperes, del instrumento utilizado; y configura una manera de expresar la sensibilidad y facilita la comparación entre distintos instrumentos. Por ejemplo; una instrumento de 0,001A a plena escala es de

$$1V\ /\ 0{,}001A = 1000\Omega.V$$

Uno de 50µA, permite construir un voltímetro de 20.000Ω.V, ya que:

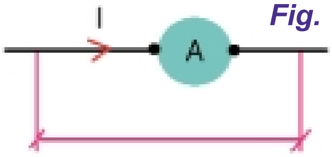
$$1V\ /0{,}00005A = 20.000\Omega.V$$

Causas de Errores en las Mediciones

Los amperímetros se conectan en serie con la corriente a medir, esta corriente al circular por la bobina móvil, con o sin shunt, ocasiona una caída de tensión, y solemos dar por descontado que el amperímetro no produce ninguna perturbación en el circuito, o sea, que al retirar el amperímetro, la corriente es igual a la que circulaba cuando el mismo se encontraba intercalado. Muchas veces esto es cierto, pero en determinadas circunstancias, esta caída puede modificar algún parámetro del circuito que se mide y lo que conseguimos es un resultado erróneo; esta alteración de intensidad ocasionada por el instrumento suele llamarse error de inserción del mismo. Por ejemplo, supongamos que deseamos medir la corriente de emisor de un amplificador de audio de cierta potencia, la resistencia de emisor puede ser de 0,1Ω, si colocamos el amperímetro que usamos como ejemplo anteriormente, el que posee una resistencia interna de 0,05Ω, la resistencia de emisor será ahora de 0,15Ω, esta es una variación del 50%, y seguramente modificará el funcionamiento del circuito cuya corriente deseamos medir (Fig. 10). Este mismo problema se presenta con los amperímetros digitales.

En el caso de los voltímetros, la causa principal de error reside en la resistencia interna de la fuente que se mide. Al hablar de fuente, no nos referimos a una fuente de alimentación convencional, sino que consideramos fuente o generador a cualquier punto de

Fig. 10



Caída de tensión sobre el amperímetro

Fig. 11

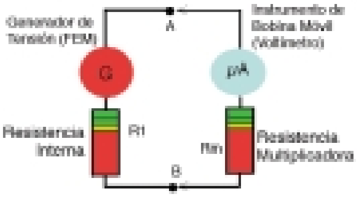
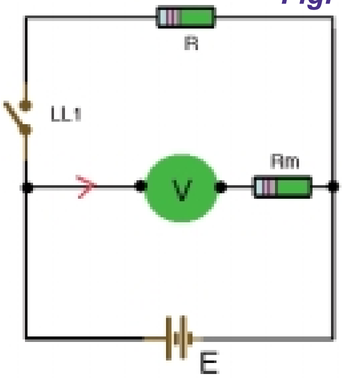

Generador de Tensión (FEM)
A
Instrumento de Bobina Móvil (Voltímetro)
G
μA
Resistencia Interna
R1
Rm
Resistencia Multiplicadora
B

Fig. 12



un circuito. Si representamos dicho punto de un circuito como un generador ideal de tensión, con una fuerza electromotriz E y a su resistencia interna Rt con una resistencia exterior, nos será más fácil visualizar la causa del error y podremos calcular su magnitud (Fig. 11). Veamos; el objetivo normal de una medición de tensión es hallar E, la que no varía con la corriente circulante I, pero como los terminales externos del generador son AB no es posible conectar un voltímetro ***sobre E***, de modo que la única medida posible es la tensión existente entre los terminales accesibles AB. Esto nos da V, podremos deducir E si conocemos la ***caída de potencial sobre Rt.***

Supongamos que queremos determinar la resistencia interna de un circuito de corriente continua. Lo podemos hacer mediante dos sencillas mediciones con un voltímetro de continua, el que deberá tener una resistencia interna muy elevada, de modo de no cargar al circuito cuya Rt deseamos medir, o sea que debe ser un instrumento de muchos ohms/volt. Para ello armamos el circuito de la figura 12, éste es similar al de la figura 11, con el agregado de una resistencia de carga R, la que se puede conectar y desconectar con la LL1; el consumo de esta carga debe ser entre la mitad y el total de lo que puede dar el generador o circuito, cuya resistencia interna queremos averiguar.

Primero con la LL1 abierta el voltímetro indicará un valor cercano al verdadero E, llamaremos a este valor V1. Segundo con LL1 cerrada obtenemos V2.

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$Rt = R\,\frac{V1 - V2}{V2} \qquad [3]$$

Veamos un ejemplo: Supongamos que V1 = 12 V, usamos para la medición un voltímetro de 20.000 ohm/volt, en el rango de 50V, su resistencia interna será de 1MΩ, lo bastante alta como para ser despreciable en este caso. Luego con R = 2200Ω y cerrando la llave leemos V2 = 10,5V.

Aplicando [3] tenemos:

$$R = 2200 \cdot (12-10.5) / 10,5 =$$
$$R = 314,3\Omega$$

El campo de medidas en electrónica es muy amplio, por lo que es imposible que un voltímetro con una sola escala pueda servir para todo. Es por ello que los voltímetros tienen la posibilidad de cambiar su alcance de modo de poder leer en el tercio superior de la escala, ya que esta es la zona donde los instrumentos de bobina móvil tienen el menor error. Para ello, lo que hay que hacer es cambiar el valor de la resistencia en serie, los valores se eligen de modo que una misma escala sirva para rangos distintos, pero que se encuentran relacionados por factores fijos, generalmente decimales. Por ejemplo: una escala numerada del 0 al 100, se puede utilizar para los rangos de 1, 10 100 y 1.000V. Lo mismo para otra que se extienda desde el 0 hasta, por ejemplo, el 300. Se podría usar para 3, 30 y 300V.

Es menester tener en cuenta que la exactitud del voltímetro, además de las características propias de la bobina móvil, dependerá exclusivamente de las resistencias multiplicadoras. Estas deberán ser muy estables, preferiblemente de alambre, debidamente calibradas y ajustadas. Para los rangos más altos se suelen usar varias de valor inferior en serie de modo de repartir la diferencia de potencial entre varias. Como el costo de las resistencias de precisión de alambre es muy alto, comparado con las de película metálica depositada, aquéllas se justifican solamente en el caso de instrumentos de muy buena calidad.

Si bien el cambio de rango en los voltímetros es sencillo, cuando se trata de cambiar el alcance de un amperímetro mediante una llave, debemos tener en cuenta que la variación de la resistencia de los shunts es tanto más baja cuanto mayor es el factor en que se amplifica la escala. En el caso de la figura 13, la resistencia de contacto queda en serie con los shunts y con el tiempo va a variar, esta variación se refleja en una variación en el valor del shunt lo que a su vez ocasiona un cambio en la lectura del amperímetro.

En el caso de la figura 14, si bien la sección a de la llave selectora queda en serie con el circuito externo, la sección b conmuta al miliamperímetro sobre los distintos shunts, y, en este caso como la resistencia de contacto de la sección b está en serie con la bobina móvil y la resistencia interna de ésta es mucho mayor; la variación en el tiempo de la resistencia de contacto de la sección b no tiene importancia alguna.

Hace un momento calculamos el valor de un shunt y obtuvimos para el mismo un valor de 0,05Ω. Las resistencias de contacto de una llave, pueden variar en un momento dado entre 0,001Ω y 0,1Ω, vemos que estos valores no son despreciables frente al del shunt, además varían en forma errática según el estado de los contactos, el tipo de metales, presión mecánica, oxidación, etc. Por eso es que no debe utili-

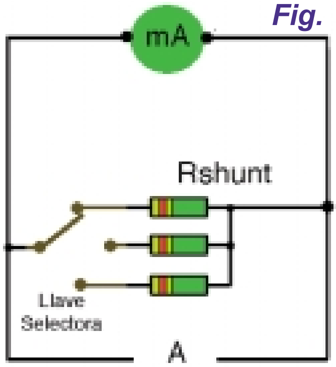


Fig. 13

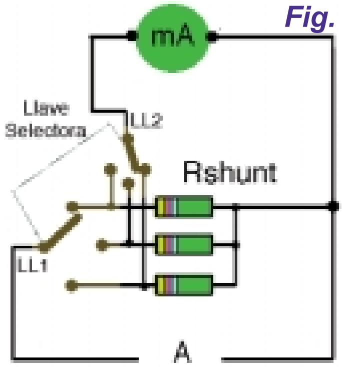


Fig. 14

zarse jamás una llave común para conmutar resistencias de valor muy bajo.

Las Puntas de Prueba

Un osciloscopio, al menos teóricamente, nos permite visualizar lo que sucede en un circuito. Ahora bien, esto presupone que al conectar el osciloscopio a un punto de un circuito, no cambia la forma de onda en dicho punto. Para minimizar los efectos de carga, los osciloscopios se diseñan con una impedancia de entrada alta. El valor normalizado es de 1MΩ en paralelo con una capacidad que oscila entre los 20 - 30pF.

Mientras se trabaja en frecuencias industriales y aún dentro del rango de audio, en general la impedancia de esta resistencia y capacidad en paralelo es lo bastante alta como para no perturbar el funcionamiento de un circuito, excepto en algún caso especial. Ahora bien, esta alta impedancia existe en la entrada del osciloscopio, de modo que necesitamos algún tipo de conexión entre el circuito, cuyo comportamiento deseamos examinar, y el instrumento. Una conexión de tipo directo es difícil, incómoda y casi siempre imposible. Señales no muy débiles y desde una fuente de baja impedancia pueden examinarse llevándola al osciloscopio con dos cables retorcidos y, sino, con un cable blindado cualquiera, para eliminar la captación de señales espúreas y/o zumbido.

Un cable blindado de un metro o metro y medio es normalmente suficiente y tendrá una capacidad de alrededor de 100pF/m. Sumemos a esta capacidad la interna del instrumento y tendremos para un cable de un metro una capacidad total de 130pF. Ahora bien a una frecuencia de 1MHz, la reactancia de dicha capacidad es de: 1.224 ohm. De modo que la alta impedancia que nosotros suponíamos tener, se ha visto reducida a poco más de 1.200Ω, y este valor no puede considerarse alta impedancia por más buena voluntad e imaginación que pongamos.

Esta es una de las razones por la cual, muchas veces, sacamos conclusiones erróneas de una medición. Esto se aplica no solamente a los osciloscopios sino también a los frecuencímetros, es común que se aplique la punta a un cristal para medir su frecuencia, la capacidad parásita saca el cristal de frecuencia y otra vez tenemos una medición incorrecta y conclusiones equivocadas, las que nos hacen perder un tiempo valioso. Veremos ahora cómo, sino eliminar, por lo menos disminuir la magnitud de estas capacidades parásitas que, en definitiva, son las que ocasionan todos los problemas. Esto se consigue con la puntas de prueba debidamente diseñadas y ajustadas. Existen dos grupos: las puntas pasivas y las puntas activas. Veamos las primeras.

Puntas Pasivas

Son las puntas divisoras por diez, que acompañan a los osciloscopios, y suelen tener un código que dice x 10 y x 1. Estos son los índices de atenuación. En la posición x 1 es una conexión directa, la diferencia con lo anterior es que el cable que se usa es de baja capacidad, comparado con el coaxial común, tal vez en una longitud de un metro y medio tenga 40-60pF, a los que se debe sumar los de entrada. Se está en mejores condiciones que antes, pero muy lejos de las ideales. En la otra posición: x 10, se intercala un atenuador RC (figura 15). Esto aumenta la impedancia de entrada a 10MΩ y la capacidad disminuye a 10pF. Tampoco es lo ideal pero estamos mucho mejor que con un simple cable blindado, pero esto no es gratis, ya que el precio que debemos pagar es una pérdida de sensibilidad de 10 veces. Normalmente para trabajar en video y televisión esto no es problema, ya que las señales son, por lo menos, de algunas décimas de volt, y al atenuarlas 10 veces, aún queda bastante sensibilidad como para una medición correcta. Pero es un factor a tener en cuenta. El atenuador de entrada de un osciloscopio está ajustado, de modo de presentar una capacidad constante en su entrada para cualquier posición de la llave atenuadora. Es por eso que una vez ajustada la punta pasiva en un rango, su calibración es válida para todos los rangos del osciloscopio. En el caso de que sea un doble haz será conveniente tener una punta para cada canal, ya que es poco probable que la impedancia de entrada sea idéntica en ambos canales. Ya que la resistencia de entrada es de 1MΩ, para atenuar 10 veces la resistencia de la punta debe ser de 9MΩ, y la capacidad debe ser 9 veces menor que la combinada de entrada más la del cable. Como no es fácil medirla, se coloca un trimer en paralelo con la resistencia de 9MΩ y se ajusta del modo que veremos luego. Si bien esta combinación de RC es la que da la menor capacidad de entrada, tiene el inconveniente de que 9/10 de la tensión de entrada cae sobre el trimer, y los trimers modernos, de pequeño tamaño, no toleran demasiada tensión.

Para disminuir la tensión sobre el capacitor que se encuentra en la punta, se modifica la ubicación

Fig. 15

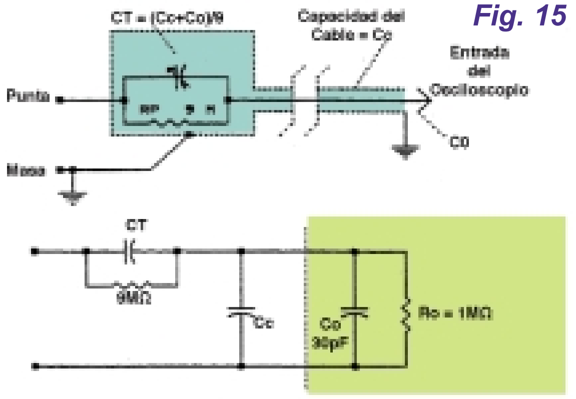


Fig. 16

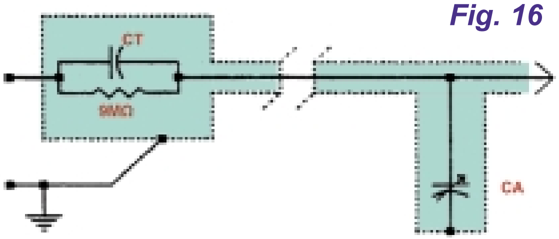


Fig. 17

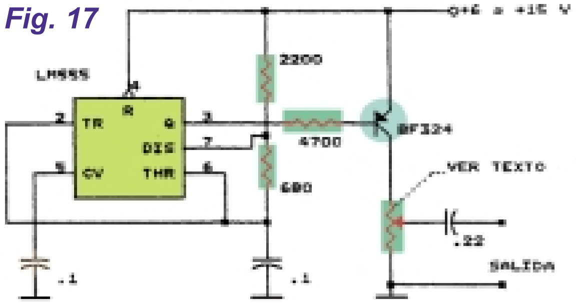
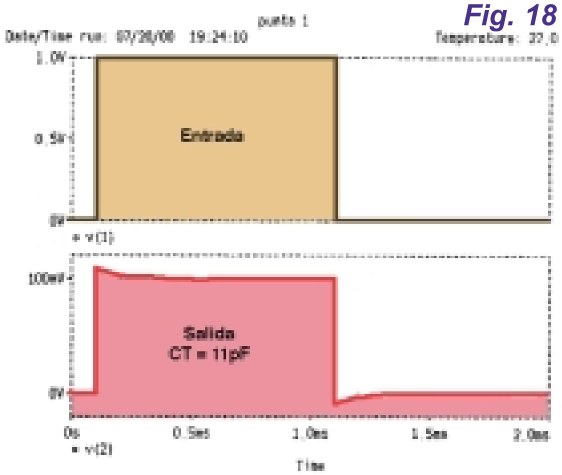


Fig. 18



del trimer, y se lo coloca junto a la entrada del osciloscopio (figura 16). De este modo la tensión sobre el trimer se ve reducida a la décima parte.

Otro factor a tener en cuenta es que una punta pasiva debe estar correctamente ajustada, ya que de no ser así nos dará resultados completamente equivocados.

Fig. 19

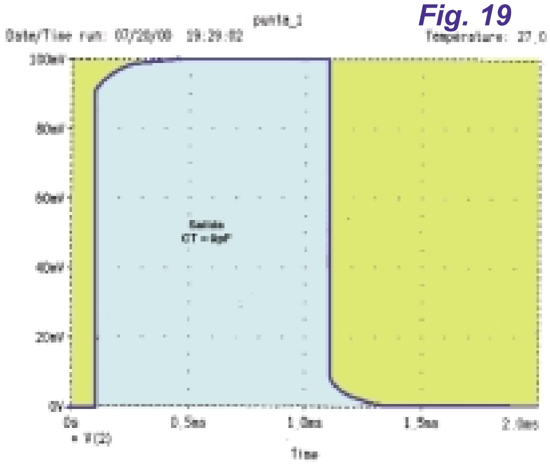
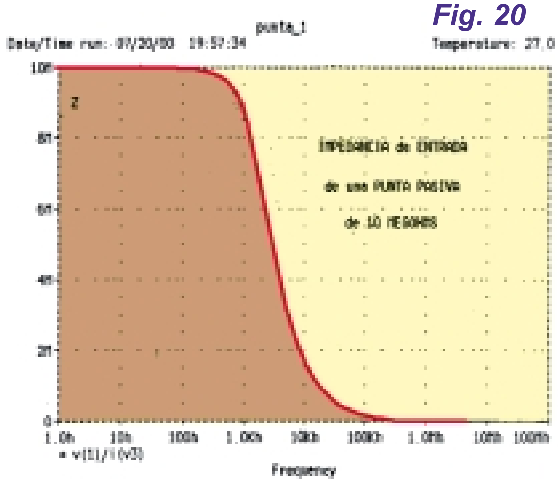


Fig. 20



Para poder ajustar una punta de este tipo necesitamos, aparte del osciloscopio, un generador de ondas cuadradas o de pulsos. Si no lo tenemos, podemos improvisar uno muy fácilmente, con un 555 (figura 17). Este es un oscilador que trabaja en una frecuencia de alrededor de 4.000Hz, sirve cualquier valor entre 2 y 6kHz. El único detalle a tener en cuenta es que el potenciómetro de salida debe tener un valor bajo, menos de 1.000 ohm. Si no se tiene a mano puede substituirse por una cadena de 4 resistores de 56, 68 u 82Ω cada una, con lo que se tendrá baja impedancia de salida con derivaciones fijas.

El trimer deberá ajustarse de modo de ver una señal igual a la de la entrada, sólo que atenuada 10 veces. En las figuras 18 y 19 hemos ilustrado una simulación hecha con el Pspice, podemos observar el caso de CT de un valor mayor o menor que el óptimo. Mientras que un divisor pasivo x10 reduce en buena medida los efectos de carga sobre un circuito cuando se lo compara con una longitud similar de cable blindado, su efecto en altas frecuencias no es despreciable. En la figura 20 tenemos el resultado de otra simulación de la impedancia de entrada de una punta con 9MΩ en paralelo con 10pF. No se aprecia en el gráfico, pero la impedancia a 100MHz es de 180Ω. El único modo de evitar este fenómeno es con las:

PUNTAS ACTIVAS

Estas intercalan, entre la punta propiamente dicha y el cable que va al osciloscopio, un amplificador de banda ancha. Este

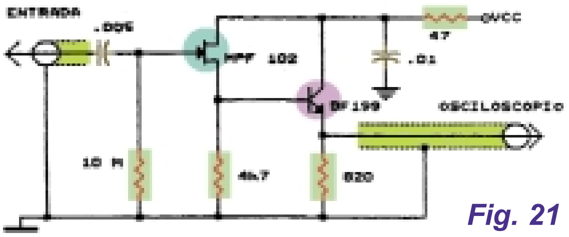


Fig. 21

puede ser, en el caso más sencillo un simple seguidor de fuente o, en el caso de puntas de calidad, están hechas con elementos discretos y amplifican 10 veces. También se puede implementar con un FET a la entrada y un operacional adecuado para manejar la capacidad del cable más la del osciloscopio.

En la actualidad se fabrican amplificadores operacionales de hasta 400MHz de ancho de banda, aunque bueno es decirlo, estas exquisiteces no se consiguen en el país y además son bastante caras.

Como nosotros no tenemos tantas pretenciones –ni pesos– podemos hacer una punta activa muy simple y económica porque, si bien no amplifica, su atenuación será poca, alrededor de un 30%. El circuito se ve en la figura 21. Tiene un FET de entrada y un seguidor de emisor a la salida. Puede alimentarse con cualquier tensión entre 6 y 12V, una batería de 9V es ideal. Hay que poner especial cuidado en utilizar elementos de poco tamaño en la entrada y que todo sea muy compacto, para reducir los pF de entrada, porque en cuanto uno se descuida crecen muy rápido. La ventaja de esta simple punta sobre la pasiva es que en ésta con 1V de entrada nos da 100mV de salida y en la activa con 1 volt de entrada tenemos alrededor de 0.7V a la salida. Una limitación de esta punta activa es que es útil solamente para señales de menos de 1V, pero esto no es una gran limitación, ya que es en la medida de pequeñas señales donde la pasiva, con la atenuación que tiene, puede impedirnos hacer una medición.

Mediciones en Circuitos Transistorizados

Cuando un transistor se encuentra en perfectas condiciones en una etapa amplificadora, osciladora o ejerciendo otra función, deben existir en sus terminales tensiones bien definidas. El ejemplo más común es la etapa de ***emisor-común*** que se ve en la figura 1, que aparece en mayor cantidad en los equipos transistorizados.

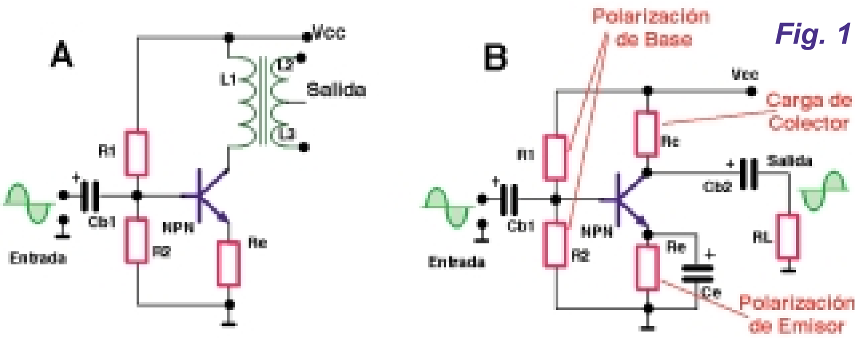


Fig. 1

Teniendo en cuenta los sentidos de circulación de la corriente y la barrera de potencial entre la base y el emisor, podemos establecer con facilidad los valores de las tensiones que deben hallarse, por ejemplo, en un transistor NPN.

La corriente debe fluir de la base hacia el emisor, de modo que la tensión debe ser mayor en la base que en el emisor. La diferencia de valor está dada por el tipo de material semiconductor del transistor. La tensión estará entre 0,2 y 0,3V para los transistores de germanio y entre 0,6 y 0,7V para los de silicio.

Igualmente, la corriente principal fluye del colector hacia el emisor, de manera que se tienen un potencial mayor en el colector que el de base y también mayor que en el emisor.

Los valores típicos están entre 0,7V y la tensión de alimentación, según el circuito de la figura 2. Para un transistor PNP, el sentido de circulación de la corriente es el opuesto, de modo que las tensiones serán como se ve en la figura 3.

Para establecer las tensiones en los elementos de un transistor de manera de obtener las corrientes en los sentidos deseados, usamos circuitos externos de polarización. Esos circuitos pueden armarse con resistores o hasta pueden aprovecharse elementos de acoplamiento, como ser los bobinados de los transformadores.

Una falla en los elementos de polarización induce alteraciones de las tensiones del transistor y lo mismo ocurre si el transistor internamente sufre algún problema. Entonces pueden presentarse los casos siguientes:

a) apertura de los circuitos de polarización

b) apertura de los elementos del transistor

c) entrada en corto de los elementos del transistor

Fig. 2

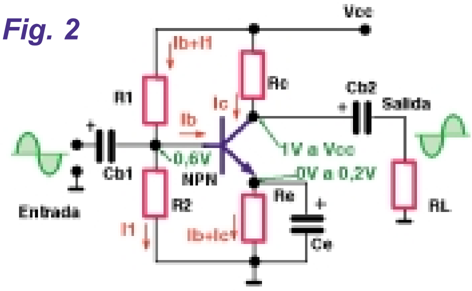


Fig. 3

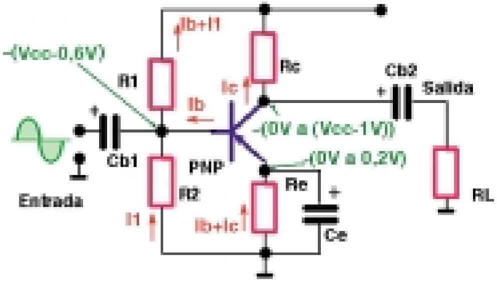
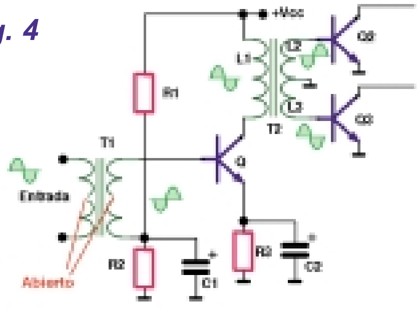

-Vcc
Ib+I1
-(Vcc-0,6V)
R1
Rc
Cb2
Salida
Ic
Ib
-(0V a (Vcc-1V))
Cb1
PNP
-(0V a 0,2V)
Entrada
R2
Re
RL
I1
Ib+Ic
Ce

Fig. 4


+Vcc
Q2
L1
L2
R1
L3
T2
Q3
T1
Q
Entrada
R2
R3
C1
C2
Abierto

d) entrada en corto de elementos de acoplamiento de la etapa

Las posibles alteraciones que provocan estos problemas en las tensiones serán analizados enseguida.

Caso 1

Circuito de polarización de base, abierto

Tomemos el circuito típico de una etapa amplificadora de audio o FI que aprovecha el bobinado de un transformador para polarizar la base de un transistor, como muestra la figura 4.

Es fácil percibir que en la interrupción del bobinado no tenemos polarización y la base del transistor queda "libre".

Tomando como referencia el potencial de 0V, observamos que no circula corriente entre el colector y el emisor. El potencial del colector será entonces el de la fuente de alimentación (+).

En el emisor del transistor, la tensión será nula ya que no circula la corriente. En la base, la tensión será igual a la del emisor, o sea 0 volt, ya que cuando la base está desconectada, tiene en realidad una conexión con el emisor.

En la figura 5 tenemos las indicaciones de estas tensiones.

Vea que en la práctica si existen pequeñas fugas en el transistor, pueden encontrarse tensiones ligeramente diferentes. Pero esas diferencias no deben superar los 0,1 ó 0,2V a lo previsto.

El mismo tipo de problema se presenta si en lugar de la interrupción del transformador, fuera el resistor R1 que estuviera abierto, desconectando el positivo de la fuente del circuito de polarización.

Caso 2

En la figura 6 tenemos una etapa amplificadora con una etapa amplificadora con un transistor autopolarizada por medio del resistor conectado entre el colector y la base.

Para un transistor NPN de silicio, en condiciones normales de funcionamiento al resitor de polarización de base la lleva a un potencial del orden de 0,6 a 0,7V que mantienen la corriente para el emisor.

Si los resistores se abrieran, nuevamente, el circuito de base quedaría despolarizado y ninguna corriente perceptible circularía entre el colector y el emisor. El resultado es una subida de la tensión del colector a valores cercanos a la tensión de alimentación (+Vcc) y la caída de la tensión de la base llegaría a un valor próximo a 0V.

En la figura 7, tenemos las tensiones que aparecerían tanto en los transistores NPN como en los PNP en un caso como éste.

Debemos tener presente que la sensibilidad del multímetro debe tenerse en cuenta en todas las medidas pues una sensibilidad baja influye sobre todo en las medidas de las tensiones de base en que las corrientes son muy débiles.

Caso 3

Apertura del circuito emisor

Este caso puede presentarse si el resistor de polarización del emisor se abre (figura 8).

No tendremos corriente en el emisor ni en la base.

En estas condicones, las tensiones medidas serán las siguientes:

La tensión del colector estará cerca de la tensión de alimentación +Vcc ya que todavía puede circular una pequeña corriente a través de R1, para la base y tierra. Si la tensión de alimentacion fuera de 6V, será normal encontrar en este punto 5,7 ó 5,8V.

Por otra parte, tenemos una tensión del emisor bastante vieja,

Fig. 5

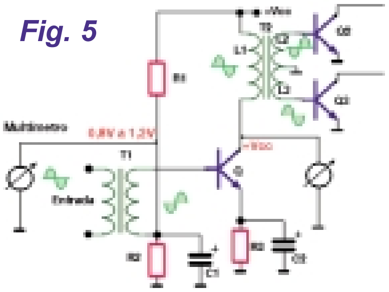

+Vcc
T2
L1
L2
L3
Q2
Q3
R1
Multímetro
0,6V a 1,2V
T1
~Vcc
Q
Entrada
R2
C1
R3
C2

Fig. 6

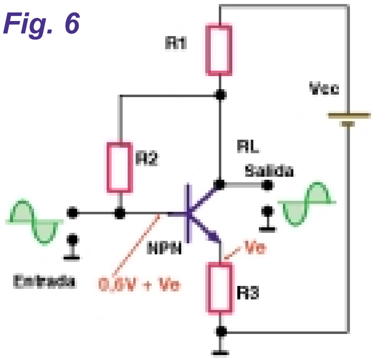

R1
Vcc
R2
RL
Salida
NPN
Ve
Entrada
0,6V + Ve
R3

Fig. 7

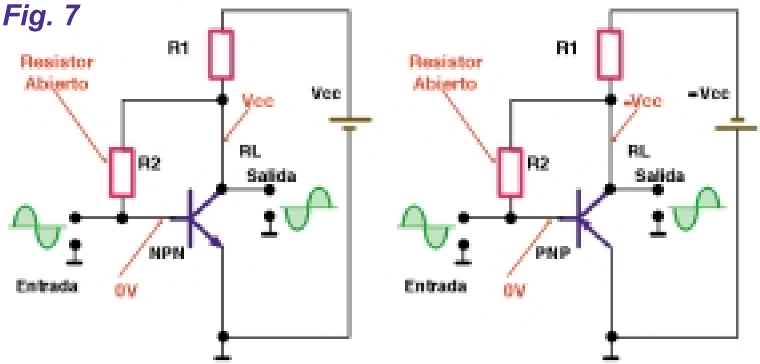
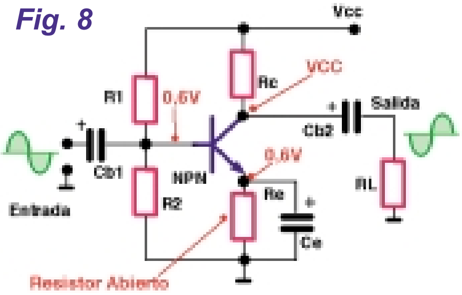

Resistor Abierto
R1
Vcc
Vcc
R2
RL
Salida
NPN
Entrada
0V
Resistor Abierto
R1
-Vcc
-Vcc
R2
RL
Salida
PNP
Entrada
0V

Fig. 8


Vcc
R1
0,6V
Rc
VCC
Salida
Cb2
Cb1
NPN
0,6V
Entrada
R2
Re
RL
Ce
Resistor Abierto

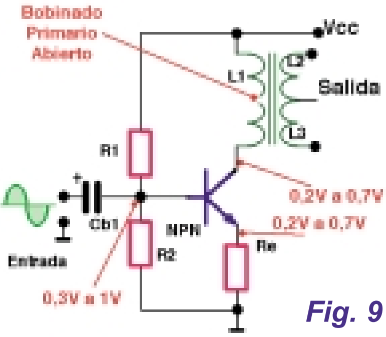

Bobinado
Primario
Abierto
Vcc
L1
L2
Salida
L3
R1
0,2V a 0,7V
Cb1
NPN
0,2V a 0,7V
Entrada
R2
Re
0,3V a 1V

Fig. 9

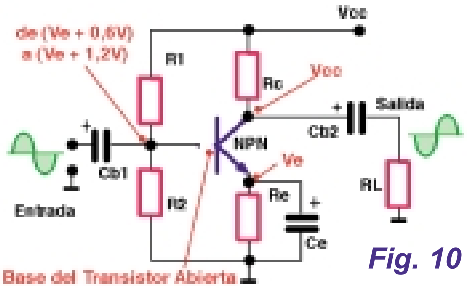

Vcc
de (Ve + 0,6V)
a (Ve + 1,2V)
R1
Rc
Vcc
Salida
Cb2
NPN
Cb1
Ve
Entrada
R2
Re
RL
Ce
Base del Transistor Abierta

Fig. 10

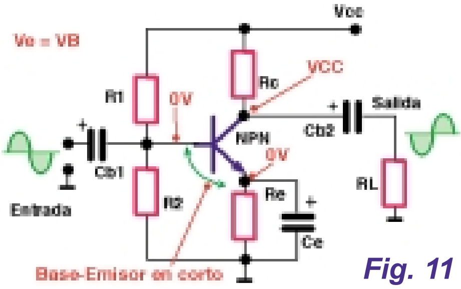

Vcc
Ve = VB
Rc
VCC
R1
0V
Salida
Cb2
NPN
0V
Cb1
Entrada
R2
Re
RL
Ce
Base-Emisor en corto

Fig. 11

del orden de los 0,6V y el mismo valor de base, pues medimos a través de la unión emisor-base. El emisor está abierto, recuérdelo.

Caso 4

El circuito del colector del transistor se encuentra abierto

Este circuito puede estar formado por el bobinado de un transformador o por un simple resistor, como muestra la figura 9.

Con la apertura de este circuito no hay corriente en el colector; sólo la hay entre la base y el emisor. La tensión del colector cae entonces a valores cercanos a cero, del orden de 0,2 a 0,7V, según se ve en la figura 10, en tanto la tensión de base será un poquito mayor, pero todavía una fracción de volt.

La tensión de emisor será prácticamente la misma que la del colector.

Vea que el divisor de tensión que polariza la base del transistor, permanece en operación en estas condiciones y es responsable de los valores medidos.

Vea también que existe la circulación de una corriente por el resistor del emisor y ésta es prácticamente la corriente de base en la polarización normal del transistor.

Caso 5

Existe un cortocircuito entre la base y el emisor del transistor

En estas condiciones, como muestra la figura 11, la tensión de base pasa a ser igual a la tensión del emisor, situándose entre 0V y una fracción de volt.

Con la polarización correcta, la tensión de base igual a la del emisor indica cortocircuito entre esos elementos.

Caso 6

Fugas fuertes o cortocircuito entre el colector y el emisor

En esta caso, la tensión del colector será igual a la del emisor (corto) o elevada en relación a lo esperado (fugas).

La tensión de base continuará alrededor de 0,2 ó 0,7V por encima de la tensión del emisor.

Caso 7

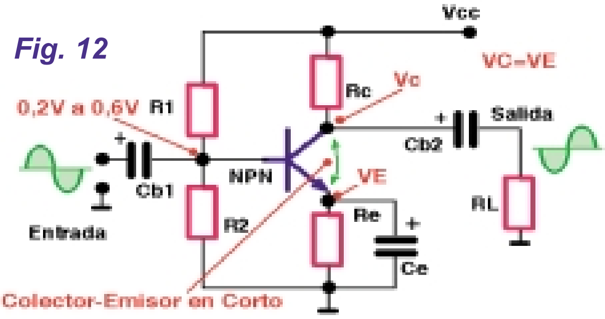
Apertura del circuito de base

Eso sucede si no circula corriente por la base del transistor.

En estas condiciones, la medida de la tensión en este elemento va a ser mayor que la normal.

Así, si para los transistores de germanio esperamos encontrar una tensión de unos 0,2V, mediremos 0,4 ó 0,5V mientras que para los transistores de silicio, en lugar de 0,6 ó 0,7V mediremos hasta 1V.

Fig. 12


Vcc
VC=VE
Rc
Vc
0,2V a 0,6V
R1
Salida
Cb2
NPN
VE
Cb1
Entrada
R2
Re
RL
Ce
Colector-Emisor en Corto

El Surgimiento de la TV

QUÉ ES LA TELEVISIÓN

Es la transmisión de imágenes y sonidos desde un punto (transmisor) hasta otro (receptor, que es el televisor), todo sistema de TV consta de cuatro partes básicas:

1) Un centro de producción en donde se graban los programas; generalmente se integra con un estudio de TV, un equipo de edición, de efectos especiales, etc.

2) Una estación transmisora encargada de procesar las señales obtenidas en la etapa anterior para su envío a los aparatos receptores. Esta transmisión, dependiendo de la tecnología empleada, puede ser por aire, cable o vía satélite.

3) Un medio conductor o canal de comunicación por el cual viaja la programación televisiva. Pue-

de estar constituido por un cable, fibras ópticas o emisiones electromagnéticas. En este artículo, nos referiremos únicamente a este último medio.

4) Un aparato receptor que transforma las señales recibidas y las presenta como imágenes y sonido.

EL TELEVISOR DESPLIEGA SEÑALES ELÉCTRICAS

Si observa de cerca la imagen del televisor, podrá apreciar que está formada por puntos de luz de intensidad y color cambiante (figura 1). *¿De dónde proceden estos patrones complejos de información luminosa?* La respuesta es la siguiente: la imagen que se despliega en la pantalla del televisor corresponde a una señal eléctrica que los circuitos del aparato alimentan a un tubo llamado cinescopio, tubo de rayos catódicos o TRC, el cual, a su vez, la convierte en imágenes radiantes.

Previamente, dicha señal la ha recibido el aparato (a través de la antena) en forma de ondas electromagnéticas, las cuales proceden de la estación transmisora, donde son radiadas al espacio circundante una vez que la señal eléctrica que contiene la información televisiva se ha modulado y amplificado.

Pero nuevamente tenemos una duda: *¿de dónde sale la señal que se convierte en ondas electromagnéticas para su difusión?* De una o varias cámaras de televisión, las cuales a su vez la toman de una escena real.

En síntesis, la base física de la televisión es la conversión de imágenes ópticas en señales eléctricas y éstas en ondas electromagnéticas para soportar el proceso de transmisión a largas distancias; posteriormente, es en el aparato receptor donde las emisiones hertzianas captadas se convierten nuevamente en señales eléctricas y éstas, por último, en imágenes luminosas representativas de las originales (figura 2).

La esencia de la televisión consiste en fraccionar las imágenes punto por punto para formar líneas sucesivas que, a su vez, componen imágenes fijas, como fotografías instantáneas que, al ser reproducidas una tras otra con suficiente rapidez, producen la ilusión del movimiento. Y el soporte físico que contiene toda esa información es la señal de video.

ORÍGENES DE LA TELEVISIÓN

Como todos los grandes inventos, la televisión es resultado de la confluencia de múltiples descubrimientos científicos, pacientes experimentos, etc. Podemos identificar algunas líneas de avances tecnológicos que a la postre darían como resultado los modernos sistemas de TV.

La idea de la transmisión de imágenes a distancia, surge en los albores de la técnica electrónica, en 1870, con el francés Maurice Leblanc, quien propuso un método teórico para transmitir a través de un canal único una sucesión de impulsos que, mediante un barrido sistemático línea por línea y punto por punto de toda una pantalla, completaría una imagen virtual. Sin embargo, fue un estudiante ruso establecido en Alemania, Paul Nipkow, quien llevó a la práctica esta idea en 1884, cuando patentó un artefacto conocido como "disco de Nipkow" (figura 3).

Este aparato era un disco con un conjunto de aberturas en línea dispuestas en forma de espiral, que giraba entre el objeto a analizar y una célula fotoeléctrica, produciendo sobre un panel de selenio la apariencia de la imagen de dicho objeto. Este procedimiento, a pesar de ser tan rudimentario, tuvo el mérito de demostrar que era posible la descomposición de imágenes en elementos simples como la base para su transmisión; incluso, algunos estudiosos aseguran que Nipkow lo consideraba un telescopio eléctrico.

El disco de Nipkow constituyó la base de los primitivos sistemas mecánicos de televisión, los cuales sólo tuvieron aplicación práctica hasta 1923, cuando el ingeniero escocés John Logie Baird

Fig. 1

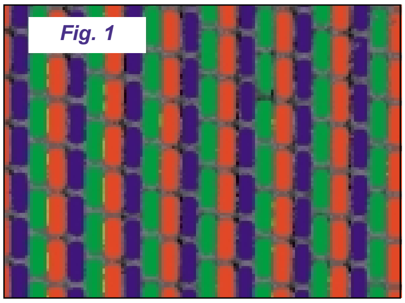


Fig. 3

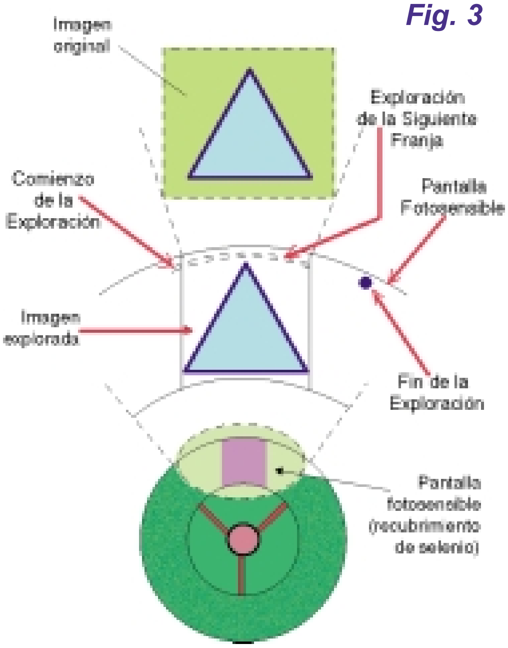
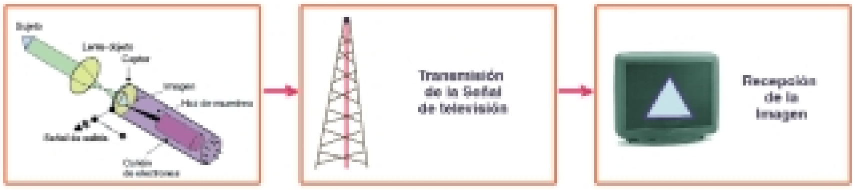


Imagen original
Exploración de la Siguiente Franja
Comienzo de la Exploración
Pantalla Fotosensible
Imagen explorada
Fin de la Exploración
Pantalla fotosensible (recubrimiento de selenio)

Fig. 2



logró perfeccionar el sistema e incrementar la definición de contrastes de luz y sombra sobre la pantalla. En 1926 Baird probó con éxito el primer sistema de transmisión de imágenes en movimiento; la demostración consistió en enviar la señal desde un cuarto a otro por medios eléctricos, puesto que aún no se planteaba la transmisión por ondas electromagnéticas.

A pesar de éste y otros importantes avances, todavía en años posteriores los sistemas mecánicos presentaban limitaciones funcionales que no favorecían su estandarización; sin embargo, mostraron a la comunidad científica, a las compañías y al público, que la televisión podía ser una realidad, pues para entonces ya se contaban con las bases científicas que permitirían a la postre el establecimiento de un sistema totalmente electrónico.

Uno de esos afluentes tecnológicos fue el tubo de emisiones catódicas o “tubo de Crookes“, desarrollado hacia fines del siglo XIX por el científico inglés William Crookes, al estudiar el comportamiento de las cargas eléctricas en el vacío.

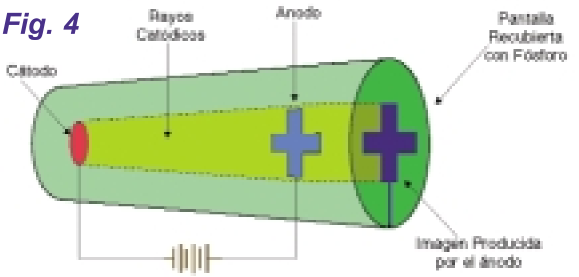
Este investigador colocó un par de terminales en una ampolla de vidrio al vacío recubierta en su interior con una delgada capa de fósforo (figura 4). Al aplicar una carga negativa en uno de los extremos -el cátodo-, descubrió que ciertos “rayos invisibles“ se dirigían hacia la otra terminal -el ánodo-; sin embargo, no todas las emisiones alcanzaban a llegar, por lo que se formaba una sombra con la forma exacta del ánodo. Crookes llamó a dichas emisiones “rayos catódicos“ y es por ello que en la actualidad a todos los dispositivos que emplean ese principio se les llama “tubos de rayos catódicos“. Investigaciones posteriores concluyeron que esos “rayos“ eran electrones libres que el cátodo soltaba y que, atraídos por la carga eléctrica del ánodo, se aceleraban y terminaban chocando, ya sea con el mismo ánodo o con la pared de vidrio recubierta de fósforo; y como los electrones poseen carga negativa, eran susceptibles de ser desviados por medio de campos magnéticos o eléctricos.

A su vez, este descubrimiento dio origen en 1897 a un dispositivo crucial para el desarrollo de los tubos de imagen: el aparato de corriente variable, de Karl F. Braun. Este científico alemán colocó dos pares de placas electrostáticas alrededor de un tubo de rayos catódicos alargado, con lo que consiguió desviar el haz electrónico del cátodo y formar en la pantalla de fósforo algunos patrones interesantes (figura 5).

Vladimir Kosma Zworykin logró la descomposición de imágenes en forma de cargas eléctricas almacenadas en una pantalla fotosensible, con un invento memorable en la historia de la televisión: el iconoscopio, primer tubo de cámara de televisión para “rastrear“ imágenes mediante un haz electrónico.

Con este dispositivo en puerta, el ritmo de las investigaciones se aceleró en Estados Unidos y en Europa, hasta que se sentaron definitivamente los patrones de la comunicación televisiva. El primer sistema completamente electrónico de televisión y mediante transmisión electromagnética fue construido en 1932 por ***The Radio Corporation of America,*** conocida mundialmente por sus siglas: RCA. Precisamente, Zworykin fue director de los laboratorios de investigación de la RCA durante los años en que esa empresa contribuyó decisivamente al desarrollo de la televisión.

Fig. 4


Rayos Catódicos
Anodo
Pantalla Recubierta con Fósforo
Cátodo
Imagen Producida por el ánodo

El diseño original de Zworykin utilizaba dos tubos de rayos catódicos, uno en la cámara para convertir la imagen en una señal eléctrica y otro en el punto de recepción encargado de reconvertir la señal eléctrica en la imagen animada original. Y aunque las primeras transmisiones se hicieron por “circuito cerrado“ (transmitiendo la señal eléctrica por cables), pronto se vio la posibilidad de “montarla“ en ondas electromagnéticas, lo que dio inicio a la televisión moderna.

Por otra parte, durante la serie de experimentos que lo llevaron al desarrollo de la lámpara incandescente, Thomas Alva Edison descubrió que al colocar dentro de un recipiente al vacío un alambre y un filamento por el que se hacía circular una corriente eléctrica, se producía un flujo de electrones desde el filamento hacia el alambre (figura 6). A este fenómeno se le conoció justamente con el nombre “efecto Edison“, y aunque en ese momento su autor no le encontró aplicación práctica patentó el invento respectivo; con el tiempo sería el cimiento de las válvulas de vacío.

Se Establecen los Formatos y Surge la Televisión en Color

En la década de los 30’s, con la puesta en marcha de los primeros sistemas de televisión en el

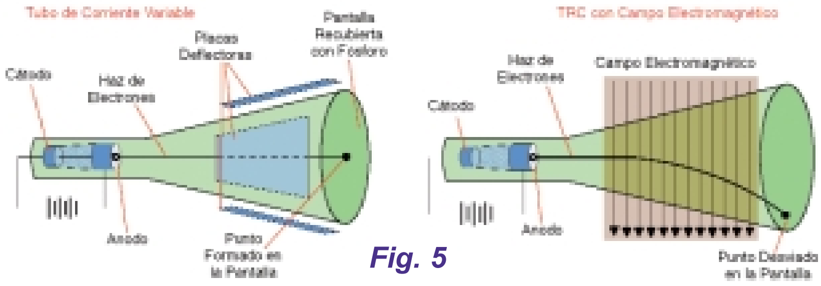

Tubo de Corriente Variable
Placas Deflectoras
Pantalla Recubierta con Fósforo
Cátodo
Haz de Electrones
Anodo
Punto Formado en la Pantalla
TRC con Campo Electromagnético
Haz de Electrones
Campo Electromagnético
Cátodo
Anodo
Punto Deseado en la Pantalla

Fig. 5

mundo, fue preciso establecer patrones universales para evitar una excesiva dispersión de modelos. Por entonces predominaron dos estándares: el estadounidense y el europeo, los cuales desde un principio fueron incompatibles debido a las distintas frecuencias que ambos adoptaron; esto se derivó del hecho de que el sistema estadounidense estableció una relación de 525 líneas por cada cuadro y 30 cuadros exhibidos por segundo, en tanto que el europeo adoptó 625 líneas y 25 cuadros por segundo.

Mientras que las transmisiones televisivas fueron en blanco y negro, los patrones aceptados mundialmente no tuvieron ningún problema o necesidad de adaptación para ciertas localidades; sin embargo, las complicaciones técnicas surgieron cuando se pretendió agregar el color, lo cual tampoco era una novedad, pues incluso fue uno de los objetivos de los sistemas de exploración mecánicos.

Efectivamente, las principales consideraciones teóricas de los sistemas de televisión en color se deben a John Logie Baird, quien en 1928 diseñó un dispositivo de exploración mecánica con un disco de Nipkow y tres fuentes de luz: roja, verde y azul, de cuya combinación surgía una imagen cromática, aunque muy deficiente. Inclusive, en 1929 la compañía Bell Telephone logró la transmisión de imágenes entre Nueva York y Washington con 50 líneas de resolución y un canal independiente para cada uno de los tres colores fundamentales.

Posteriormente surgieron otras propuestas tecnológicas para el manejo del color en televisión.

Las propuestas tecnológicas que predominaron fueron las que mantuvieron la compatibilidad con los sistemas de blanco y negro, pues la intención era que la señal de televisión pudiera ser recibida tanto en monitores monocromáticos como en los de color; de otra forma se habría requerido el uso de dos patrones en cada país.

El sistema norteamericano de color fue homologado oficialmente en 1954, por la *Federal Communications Commission* (FCC), y la *National Television Standard Comitee* (NTSC), organismos encargados, respectivamente, de administrar el espacio radioeléctrico y definir el patrón al que debía sujetarse Estados Unidos.

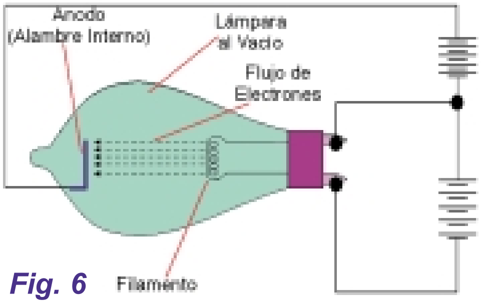


Fig. 6

En Europa, dos fueron los sistemas que lograron la implantación comercial: el estándar francés, conocido como SECAM o sistema electrónico de color con memoria (*Système Electro-nique Couleur Avec Memoire*) y el PAL o de línea de alternancia de fase (*Phase Alternation Line*) de la empresa alemana Telefunken.

Estos tres sistemas son incompatibles entre sí, pero mantienen la compatibilidad en los formatos de blanco y negro.

Cómo se Convierte la Imagen en Señales Eléctricas

Sin profundizar en detalles, se puede afirmar que la cámara de televisión es un dispositivo cuya función es convertir la luz proveniente de las imágenes en una serie de pulsaciones eléctricas, que reciben el nombre de "señal de video". A su vez, esta señal eléctrica puede grabarse en una cinta para ser reproducida posteriormente, o bien, transmitirse directamente mediante la modulación de ondas electromagnéticas.

Las cámaras de video son un ejemplo palpable de la evolución observada por las técnicas de televisión. En un principio eran máquinas pesadas y poco flexibles, y con el tiempo se construyeron las modernas cámaras profesionales; además, debido a la miniaturización que se ha conseguido en la tecnología electrónica, actualmente se puede adquirir una cámara para filmaciones caseras, de un tamaño tan reducido que cabe en la palma de la mano y pesa menos de 1 kilogramo. Una imagen que va a ser televisada debe ser descompuesta en líneas sucesivas, de forma similar a como se va redactando una carta en la que se van escribiendo las letras y las palabras renglón por renglón de arriba hacia abajo. De estas líneas resultan cuadros y de la exposición sucesiva de cuadros surge la sensación de imágenes animadas.

La Señal de Video Compuesto

De lo anterior se deduce que el componente fundamental en todo proceso de televisión es una señal eléctrica en la que se codifican las imágenes y su correspondiente sonido. A esta señal eléctrica con información de audio y video se le llama "señal de video compuesto".

La señal de video compuesto contiene toda la información necesaria para reproducir en el punto receptor la imagen enviada desde el punto emisor; sus componentes son:

1) Señal de luminancia o información en blanco y negro (Y).

2) Señal de crominancia o información en color (C).

3) Sincronismo para la adecuada recuperación de las imágenes enviadas (Sync).

4) El audio asociado a la imagen.

Estas señales deben combinarse de tal forma que no se interfieran entre sí, pero al mismo tiempo que no ocupen un ancho de banda considerable, ya que en tal caso se reduciría la cantidad de canales que se pueden manejar en el espectro electromagnético. De hecho, es importante una plena comprensión de todos y cada uno de los componentes de esta señal, para quien aspire al servicio de televisores, videograbadoras y cámaras de video.

Fuente de Alimentación con Control de Sobrecarga

Esta fuente es ideal para el taller, pues posee un control de sobrecarga que se activa cuando un equipo consume más de un límite que nosotros establecemos.

Al detectarse una corriente mayor que la esperada por la carga, de inmediato se reduce la tensión de salida, para evitar que sea dañada alguna etapa.

Regulando el recorrido de P1 se puede ajustar el valor de la corriente para que se produzca la activación de este circuito de protección.

Salvo que actúe el circuito de protección, sobre P2 se tendrá una tensión estabilizada de 15. Sobre el punto medio del potenciómetro habrá una tensión respecto de masa que dependerá de la posición del cursor, es decir, variando el cursor de P2 se tendrán distintas tensiones que luego serán entregadas a la salida.

La corriente así obtenida es de baja capacidad pero se amplifica en una configuración Darlington (Q2 y Q3). La tensión regulada en la salida no posee una estabilización óptima, porque parte de esa tensión se desarrollará en R2 y el resto en la carga, pero es lo suficiente como para resultar apropiada para la mayoría de las aplicaciones en prueba, puesta a punto y reparación de equipos electrónicos.

En la figura 1 se muestra el circuito eléctrico completo de la fuente. En la figura 2 se da la placa de circuito impreso sugerida con su respectiva máscara de componentes.

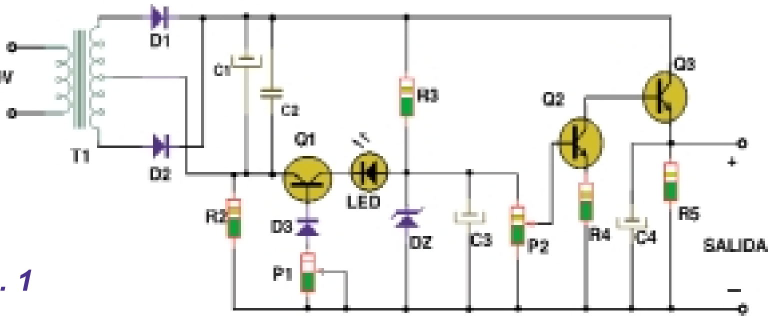


Fig. 1

El transistor Q3 debe ir montado en un disipador de calor y si se quiere tener una corriente de salida mayor, se debe cambiar el transformador T1 por otro de características similares con una capacidad de corriente de salida de 5A. También se debe reemplazar R2 por un resistor de 1Ω, con lo cual la corriente de sobrecarga mínima será, ahora, de unos 500mA. Para calibrar la corriente de sobrecarga se coloca un amperímetro que permita medir hasta 6A. Asegúrese, para compensar con la marcación, que P1 esté en la posición de máxima resistencia, luego conecte el amperímetro "directamente en la salida de la fuente"; la indicación que obtenga será precisamente el valor de la corriente de sobrecarga. Mueva el cursor de P1 y anote los valores de corriente obtenidos en la posición del dial. *************

Reproducción al 70% de su tamaño real

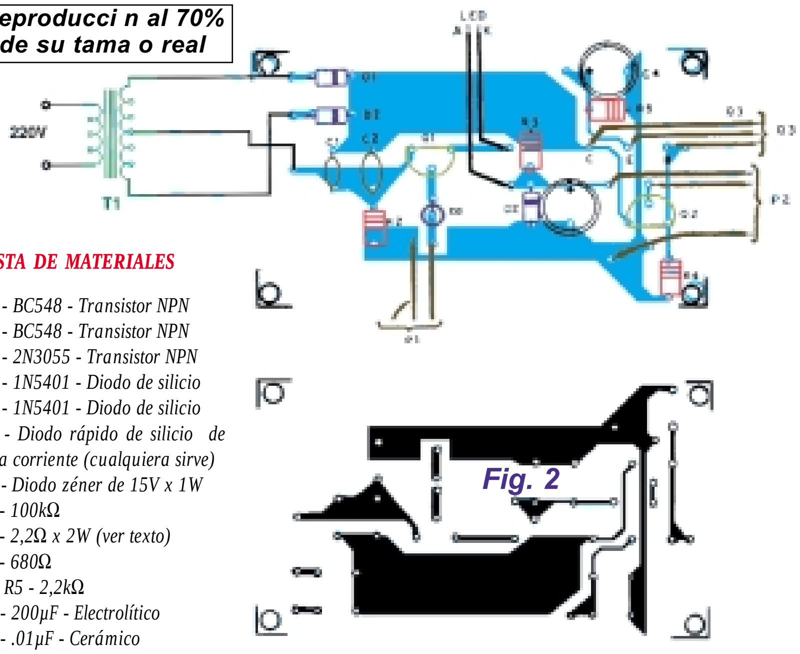


Fig. 2

LISTA DE MATERIALES

Q1 - BC548 - Transistor NPN
Q2 - BC548 - Transistor NPN
Q3 - 2N3055 - Transistor NPN
D1 - 1N5401 - Diodo de silicio
D2 - 1N5401 - Diodo de silicio
D3 - Diodo rápido de silicio de baja corriente (cualquiera sirve)
Dz - Diodo zéner de 15V x 1W
R1 - 100kΩ
R2 - 2,2Ω x 2W (ver texto)
R3 - 680Ω
R4, R5 - 2,2kΩ
C1 - 200µF - Electrolítico
C2 - .01µF - Cerámico
C3 - 100µF - Electrolítico
C4 - 100µF - Electrolítico
P1 - Potenciómetro de 1MΩ log.
P2 - Potenciómetro de 5kΩ lin. (ver texto).
T1 - Transformador de 220V a 15V + 15V x 3A.
S1 - Interruptor simple.
L1 - Lámpara neón.
L2 - Led rojo de 5mm.

Varios:

Placa de circuito impreso, caja para montaje, disipador para Q3, conectores varios, cables, estaño, etc.

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos de edición semanal, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Arnoldo Galetto, Horacio Vallejo, Leopoldo Parra y Felipe Orozco.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

Micrófonos
Diodos Zener

9

El Mundo de la
Electrónica

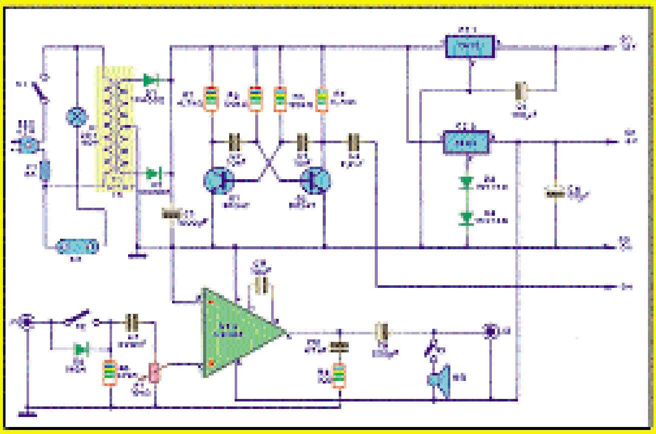
S1
NO
LED 1
S3
X1
LED 2
LED 3
NPN
PNP

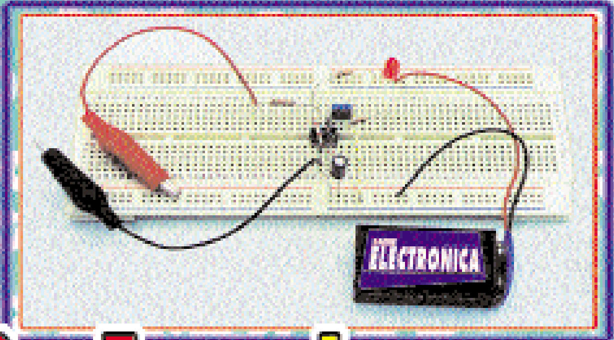
Conjunto de Instrumentos Básicos

ES UNA EDICION ESPECIAL DE
SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

Fuente Regulada
Inyector de Señales
Seguidor de Señales de Audio
Probador de Semiconductores
Lámpara de Prueba de Alta Tensión





SABER ELECTRONICA

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 9

INSTRUMENTOS PARA EL TALLER Y MONTAJES DE EQUIPOS

El instrumental para reparaciones..........................131
Instrumentos para el banco de trabajo 131
Conjunto de instrumentos básicos.........................133
Probador de semiconductores 133
Lista de materiales del conjunto de instrumentos básicos...134
Lista de materiales del probador de semiconductores...136
Generador de señales para calibración y pruebas ..136
Lista de materiales del generador de señales......138
Instrumentos para equipos de audio 138
Los galvanómetros..138
Vúmetro para señales débiles..................................139
Vúmetro para señales fuertes 140
Indicador de equilibrio 140
Modo de uso 140

DIODO ZENER

Características de operación 141
Ruptura del zéner...141
Curvas características...141
Resistencia del zéner..141
Efectos de la temperatura 141
Aplicaciones de los diodos zéner............................142
Características de los diodos zéner comerciales.......142
Comprobación de los diodos zéner.......................142

LOS MICROFONOS

¿Qué es un micrófono? 142
Teléfonos y micrófonos 142
El transductor 143
Tipos de micrófonos..143
Micrófono de carbón 143
Micrófono de capacitor 143
Micrófono de bobina móvil......................................143
Micrófono de cristal..144
Características de los micrófonos...........................144
Sensibilidad 144
Direccionalidad..144
Impedancia..144
Inmunidad al ruido..144

Cupón Nº 9

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 10

Instrumentos Para el Taller y Montaje de Equipos

EL INSTRUMENTAL PARA REPARACIONES

La E.I.A. (Electronic Industries Association = Asociación de Industrias Electrónicas de los Estados Unidos) especifica las características del instrumental recomendado para distintas ramas de reparación de productos electrónicos. Compartimos el contenido de ese documento con nuestros lectores.

En las tablas 1, 2 y 3 se detallan diferentes tipos de instrumental y se indican las distintas especialidades en que pueden realizarse las reparaciones (TV, VCR, FAX, etc.). Si bien, en el original, se hace referencia específica a las condiciones operativas vigentes en los Estados Unidos (NTSC-M, 110 volt, 60Hz), hemos efectuado una adaptación para las condiciones vigentes en Sudamérica (NTSC-M, PAL-M, PAL-N, 110 volt, 220 volt, 50Hz, 60Hz). El técnico elegirá las variantes convenientes de acuerdo a las condiciones existentes en su área de trabajo.

INSTRUMENTOS PARA EL BANCO DE TRABAJO

Todo técnico de mantenimiento y reparación de equipos electrónicos necesita contar con ins-

Tabla 1

Instrumental	Especificaciones	Audio	Auto radio	Camcorder	Reproductor CD	Teléfono celular	Computador	Horno de microonda	Teléfono inalámbrico	TV/Monitor	Videograbador	Videodisco LD	Fax
Probador de fugas	500µA	x		x		x	x		x	x	x	x	
Voltímetro c.a.	.1 a 100 Vrms rango de dB -60 a +40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Generador de barrido AM/FM	500 1600kHz 86 a 108MHz	x	x							x	x		
Oscilador audio	Rango 0 a 100kHz salida 0 a 3 volt atenuador variable distorsión 0,03%	x	x		x						x		
Simulador de ubicación celular	Motorola R2008/HS o Marconi 2955					x							
Monitor de color o Receptor monit.	Con entrada RGB para computador			x			x				x		
Monitor de color con barrido reduc.			x										
Monitor para arreglo de comunicaciones	de 1000MHz, p.e.: Marconi 2955 o Rohde y Schwartz					x							
Fuente de alimentación c.c.	0 a 18 vcc, 20 a 0 a 50 vcc, 2 amp.	x	x x	x	x	x	x			x	x	x	
Bobina de desmagnetización											x		
Desoldador	con punta a tierra	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Voltímetro digital	de .1 Vcc a 1000 Vcc, sensibilidad 1mV, exactitud .5%	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 2

Instrumental	Especificaciones	Audio	Auto radio	Camcorder	Reproductor CD	Teléfono celular	Computador	Horno de microonda	Teléfono inhalámbrico	TV/Monitor	Videograbador	Videodisco LD	Fax
Analizador de distorsión	Sensibil. .002% a escala total, 10Hz a 110kHz .1V a 130V	x											
Osciloscopio gatillado de doble trazo	Ancho de banda de cc a 100MHz, sensib. 2mV, con retardo	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
FAX	CCITT, grupos 2 y 3												x
Licencia FCC						x							
Medidor de desviación FM						x							
Amplif. estéreo Hi-Fi	25 watt	x			x						x	x	
Contador de frecuencia	250MHz		x			x			x				x
	10MHz, sens. 20mV a 5V, display de 7 dígitos atenuador 10:1	x		x	x		x			x	x	x	
Punta de alta tensión								x		x			
Transformación de aislación		x			x					x	x	x	x
Medidor de potencia de láser					x							x	
Caja con luz con cuadro de prueba, escala de gris y cuadro de resolución (cuarzo)	3200°			x									
Medidor de luz	1000 lux			x									
Generador MTS	Sonido de TV múliple (canales 3 y 4) salida (L-R), (L+R) y SAP									x	x		
Generador de patrón NTSC y/o PAL	Barras de color 75% de saturación, barras de satur. 100% ventana RGB, 1Vpp			x						x	x	x	
Vectorscopio				x									
Generador RF	Modulada con FM								x				
Estación soldadora	Con control de temperatura, punta a tierra y bajo consumo (25 a 35W)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Generador de estéreo FM-estéreo-MPX	Separación de banda mejor que 50dB, ajuste piloto 19 kHz, salidas L, R, L+R), L-R)	x											
Protector de picos	p. ej. Panamax												x
Gen. de barrido	86 a 108MHz	x								x	x		

Tabla 3

Instrumental	Especificaciones	Audio	Auto radio	Camcorder	Reproductor CD	Teléfono celular	Computador	Horno de microonda	Teléfono inhalámbrico	TV/Monitor	Videograbador	Videodisco LD	Fax
Analizador telefónico	p. ej. B&K 1050, Protel TEE-10, Proctor 49200, MicroSeven LS100 y LS200								x				x
Parlante de para Fax	DQ Test Target Dataquest o Slerex Letter CCITT Test chart Nº 1												x
VARIAC	Tipo de aislación 0 a 240Vca con monitor de línea	x			x					x	x	x	
Medidor de watt	5 watt					x							
Medidor de WOW y FLUTTER	Normas JIS y NAB rango .003 a 3%	x	x								x		

trumental apropiado que lo ayude en la ubicación de fallas y también en ajustes y calibraciones. Muchos técnicos, por dificultades financieras o por ser principiantes en la profesión, no pueden contar con los costosos instrumentos comerciales disponibles en el mercado, y esto puede traerles muchas dificultades en el trabajo diario. Con los dos equipos relativamente simples que describimos, los técnicos pueden equipar sus talleres y tener algo más que un simple multímetro para su trabajo, que se agilizará y se volverá más seguro.

Un multímetro bien usado hace milagros, pero existen pruebas donde este instrumento necesita del auxilio de componentes o circuitos adicionales que no siempre el técnico tiene a mano.

Sin embargo, para los que no pueden perder tiempo montando circuitos de prueba o no tienen capital para adquirir equipos especializados de alto costo, existen soluciones.

Por qué no montar algunos probadores de componentes con piezas comunes y dejarlos listos para uso en su taller?

Esta idea es explorada en este artículo y será de gran utilidad para los lectores que desean equipar con su poco dinero su taller con algunos instrumentos adicionales.

Damos dos proyectos que reúnen 4 funciones cada uno, todas de gran utilidad y no realizadas por los multímetros:

Conjunto de Instrumentos Básicos

Este circuito consta de los siguientes instrumentos:

a) Inyector de señales.

b) Seguidor de señales de audio/RF.

c) Fuentes reguladas de 6V y 12V x 1A.

d) Lámparas de prueba de alta tensión.

Probador de Semiconductores

El segundo proyecto reúne en un solo circuito los siguientes elementos:

a) Probador de diodos rectificadores.

b) Probador de SCRs.

c) Probador de FETs de potencia canal N.

d) Probador de transistores de potencia NPN y PNP.

En realidad, tenemos más funciones que son consecuencia de las citadas, como por ejemplo la posibilidad de hacer pruebas de aislación en capacitores con uso del sector de prueba de transistores, o bien la prueba de parlantes con la salida de audio del seguidor de señales, que cuenta con un enchufe para esta finalidad.

Usted podrá optar por el montaje de uno y de otro equipo separados o hasta, incluso, de los dos en una caja única, en cuyo caso la fuente podrá ser común, con la economía de un transformador, dos diodos y un capacitor de filtro.

El primer circuito (figura 1) consta de una fuente de alimentación que tanto puede proporcionar energía para equipos externos en prueba como para los propios dispositivos de prueba internos.

Así, después de filtrada y rectificada, la tensión del secundario del transformador va hacia dos circuitos integrados reguladores de tensión. Para la salida de 12V tenemos el 7812 y para la salida de 6V tenemos dos opciones: podemos usar el 7806, que en el momento de la redacción de este artículo presenta alguna dificultad de obtención, como podemos usar el 7805 agregando los diodos D3 y D4, que “suman”

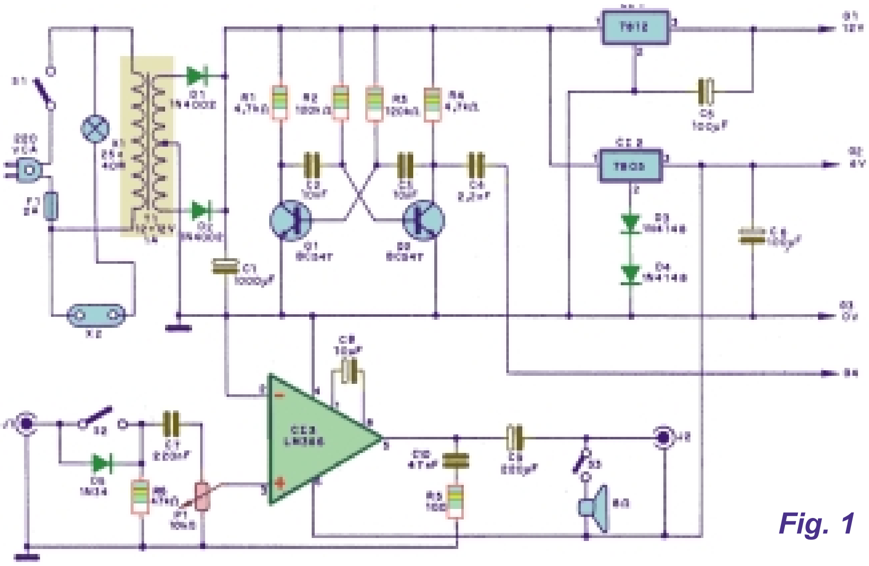
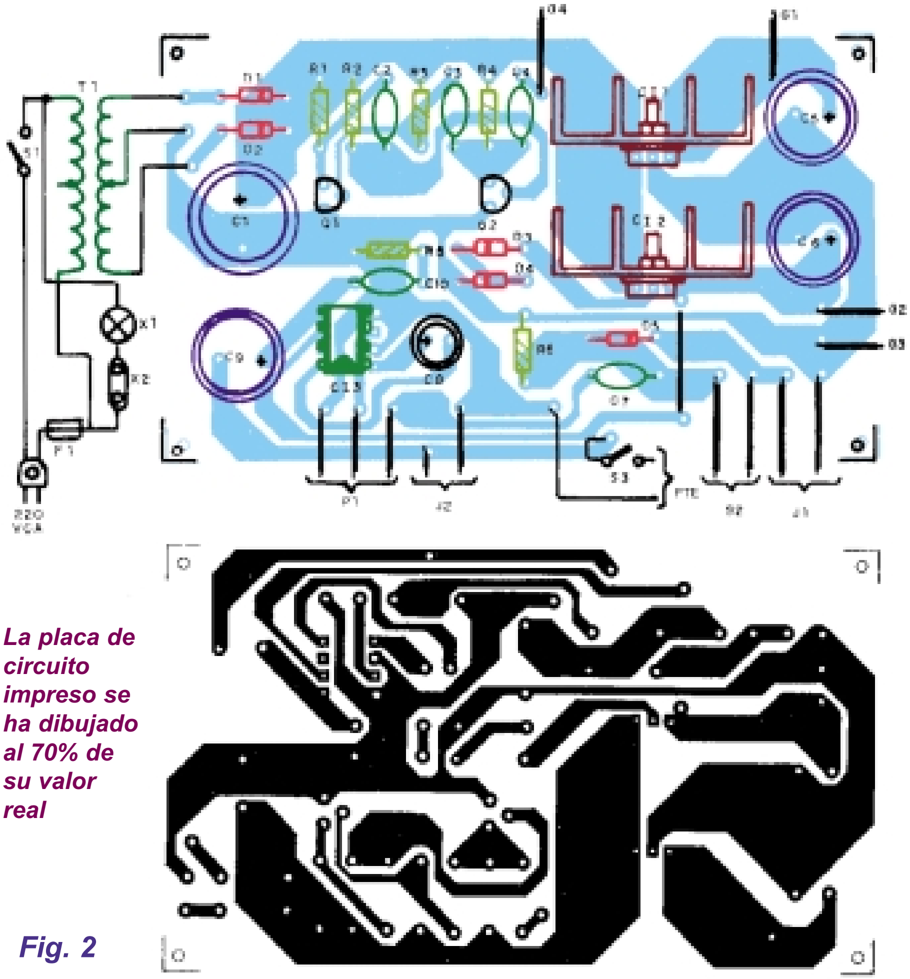

S1
220 VCA
F1
2A
X1
X2
T1
12+12V
1A
D1
1N4002
D2
1N4002
R1
4,7kΩ
R2
100kΩ
R3
100kΩ
R4
4,7kΩ
C2
10nF
C3
10nF
C4
2,2nF
Q1
BC547
Q2
BC547
C1
1000µF
7812
CI 2
7805
C5
100µF
C6
100µF
D3
1N4148
D4
1N4148
G1
12V
G2
6V
G3
0V
G4
C8
10µF
CI3
LM386
J1
S2
D5
1N34
C7
220nF
R6
47kΩ
P1
10kΩ
C10
47nF
R5
10Ω
C9
220µF
S3
8Ω
J2

Fig. 1


G4
G1
T1
S1
D1
D2
R1
R2
C2
R3
C3
R4
C4
CI 1
CI 2
C5
C6
C1
Q1
Q2
R5
D3
D4
C10
C9
CI3
C8
R6
D5
C7
X1
X2
F1
220 VCA
G2
G3
P1
J2
S3
PTE
S2
J1

La placa de circuito impreso se ha dibujado al 70% de su valor real

Fig. 2

del inyector para aplicar una señal de prueba a J1.

P1 sirve de control de sensibilidad en esta función.

El inyector de señales consiste en un astable con dos transistores alimentados por la tensión sin regulación del circuito, antes de los integrados. Mientras tanto, nada impide que se pueda modificar el proyecto, alimentando este sector de bajo consumo con 6V o 12V.

Los capacitores C2 y C3, juntamente con R2 y R3, determinan la frecuencia de la señal (alrededor de 1kHz) y pueden ser alterados a voluntad. Este oscilador produce una señal rectangular cuyas armónicas permiten la prueba de receptores hasta la banda de FM e, incluso, VHF. En el primario del circuito, alimentado directamente por la red, tenemos un circuito de lámpara en serie formado por X1 y X2. En X2 podemos conectar aparatos **sospechosos**, que pueden estar en **corto**, antes de pensar en su conexión directa, lo que podría causar la quema de fusibles de la instalación o problemas más graves.

Conectando dos puntas de prueba en X1, podemos hacer pruebas de corto y continuidad en electrodomésticos, como por ejemplo, motores, fusibles, etc.

En la figura 2 se da el diseño de la placa de circuito impreso para este primer conjunto de instrumentos.

aproximadamente 1,2V en su salida.

Los 6V del regulador en cuestión sirven para alimentar el seguidor de señales y el amplificador de prueba con el circuito integrado LM386. En la entrada de este circuito tenemos la llave S2, que puede colocar el diodo detector en el circuito, cuando está abierta, posibilitando así el trabajo con señales de RF.

La llave S3 conecta el parlante en la función de seguidor de señales y lo desconecta cuando queremos probar un parlante conectado a J2. En estas condiciones usamos la pinza cocodrilo G4

Lista de Materiales del Conjunto de Instrumentos Básicos

Semiconductores:

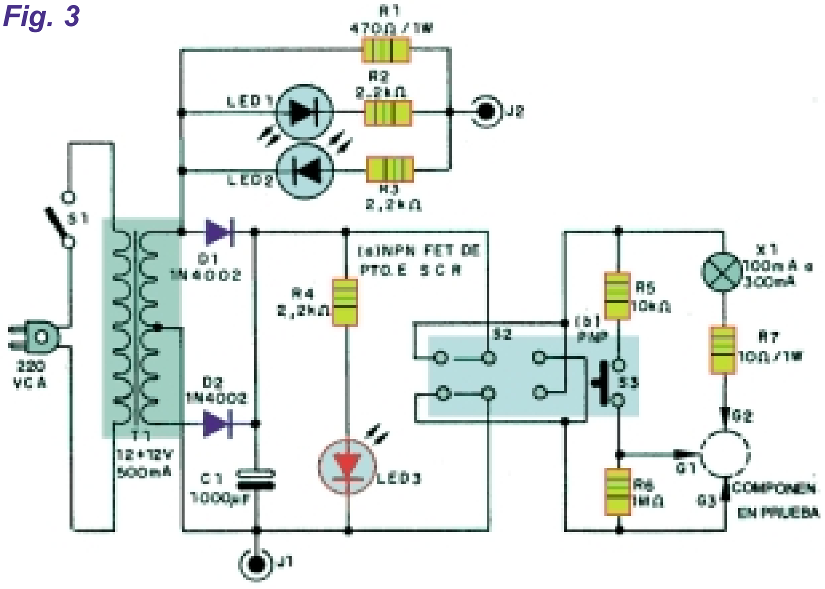
CI1 - 7812 - regulador de tensión de 12V

CI2 - 7805 - regulador de tensión de 5V (ver texto)

CI3 - LM386 - circuito integrado amplificador - National

Q1, Q2 - BC547 - transistores NPN de uso general

Fig. 3



D1, D2 - 1N4002 - diodos rectificadores
D3, D4 - 1N4148 - diodos de uso general de silicio
D5 - 1N34 o equivalente - diodo de germanio

Resistores (1/8W, 5%):

R1, R4 - 4,7kΩ
R2, R3 - 120kΩ
R5 - 10Ω
R6 - 47kΩ
P1 - potenciómetro de 10kΩ

Capacitores:

C1 - 1000µF - electrolítico de 25V
C2, C3 - 10nF - cerámico o poliéster
C4 - 2,2nF - cerámico
C5, C6 - 100µF - electrolíticos de 16V
C7 - 220nF - cerámico o poliéster
C8 - 10µF - electrolítico de 16V
C9 - 220µF - electrolítico de 16V
C10 - 47nF - cerámico o poliéster

Varios:

S1, S2, S3 - interruptores simples
X1 - lámpara de 25W a 40W
X2 - toma de energía común
T1 - transformador con primario según la red local y secundario de 12+12V con 1A.
G1, G2, G3, G4 - pinzas cocodrilo
J1, J2 - enchufes tipo P2
F1- fusible de 2A
PTE - parlante 8Ω
Placa de circuito impreso, caja para montaje, cable de alimentación, zócalo para CI3, disipadores de calor para CI1 y CI2, perilla para el potenciómetro, cables, soldadura, etc.

Probador de Semiconductores

El segundo circuito tiene una fuente de entrada semejante a la del primero, con rectificación por dos diodos y filtrado por C1 (figura 3). En el secundario del transformador, antes de pasar por la rectificación tenemos el retiro de la tensión alterna para la prueba de diodos. Este sector consta de dos LEDs y resistores limitadores de corriente. El diodo en prueba será conectado entre los bornes J1 y J2. Si el diodo estuviera bueno, la corriente conducida tiene solamente un sentido, y así solamente un LED se enciende. Si el diodo estuviera en corto, los dos semiciclos pasan y los dos LEDs se encienden. Evidentemente, para un diodo abierto ninguno de los LEDs se enciende.

El resistor R1 ofrece cierta carga a los diodos en prueba, de modo que la prueba se haga con una corriente razonable, ya que el circuito se destina a la prueba solamente de diodos rectificadores.

Tenemos a continuación un sector de prueba para otros semiconductores que comienza en la llave S2. Esta llave determina la polaridad de la corriente de prueba, según los semiconductores que son probados. En la posición a) tenemos entonces las siguientes posibilidades de prueba:

Cuando conectamos en las pinzas un transistor NPN (base en G1, emisor en G3 y colector en G2), si el transistor estuviera en corto, circula una corriente por la lámpara, que entonces se encenderá. Si nada ocurre, presionamos S3 para polarizar la base de este componente. La lámpara debe encenderse, para indicar que el transistor está bueno. Si nada ocurre es porque el transistor está abierto.

El mismo procedimiento es válido para transistores PNP, en cuyo caso la llave S2 va a la posición b) e invierte el sentido de circulación de las corrientes.

Volviendo la llave a la posición a) podemos hacer la prueba de FETs de potencia, que están muy difundidos en los circuitos de fuentes conmutadas y deflexión de video de televisores, computadoras y otros equipos modernos. Se pueden probar FETs con tensiones a partir de 50V y corrientes de más de 50mA.

Conectamos entonces G1 en la compuerta (gate o g), G2 en el drenaje (d) y G3 en la fuente (s) del FET que estamos probando.

La lámpara no debe encenderse. Si esto ocurre tenemos un FET en corto. Si se enciende débilmente tenemos un FET con fugas. Presionando S3, la lámpara debe encenderse.

Observe que esta prueba es válida para los FETs de canal N (flecha de compuerta hacia adentro). Para los de canal P pase la llave S2 hacia la posición (b).

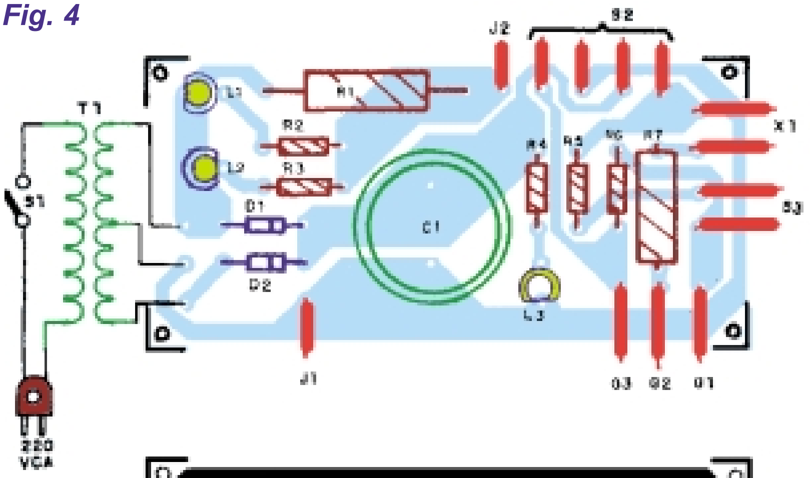
Finalmente, tenemos la posibilidad de probar SCRs con corrientes de disparo del orden de 10mA o menores, como los de la serie 106. Conectamos entonces G1 en la compuerta (g), G2 en el ánodo (A) y G3 en el cátodo (C o k). La lámpara debe permanecer apagada hasta el momento en que presionamos S3.

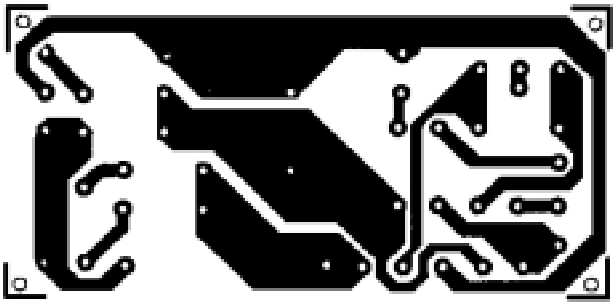
Cuando esto ocurre la lámpara se enciende y debe permanecer así, incluso después que soltamos S3.

Para desconectar el SCR, debemos desactivar la fuente por un momento, o desconectar por un momento G2 o G3.

Observamos que las pruebas

Fig. 4





La placa de circuito impreso se ha dibujado al 80% de su valor real

con transistores de potencia son válidas para componentes con ganancias superiores a 50. Los del tipo de baja ganancia, como algunos de la serie BU, sólo pueden probarse para detectar la posible presencia de cortos. La placa de circuito impreso para este montaje se muestra en la figura 4.

Lista de Materiales del Probador de Semiconductores

Semiconductores:

D1, D2 - 1N4002 o equivalentes - diodos de silicio

LED1, LED2 - LEDs comunes

LED3 - LED amarillo

Resistores:

R1 - 470Ω x 1W

R2, R3, R4 - 2,2kΩ x 1/8W

R5 - 10kΩ x 1/8W

R6 - 1MΩ x 1/8W

R7 - 10Ω x 1W

Varios:

C1 - capacitor electrolítico de 1000µF x 25V

S1 - interruptor simple

S2 - llave de 2 polos x 2 posiciones (HH)

S3 - interruptor de presión NA

T1 - transformador con primario de acuerdo con la red local y secundario de 12+12V x 500mA

J1, J2 - bornes para puntas de prueba

G1, G2, G3 - pinzas cocodrilo de colores diferentes

Placa de circuito impreso, cable de alimentación, caja para montaje, cables, soldadura, etc.

En el primer proyecto, los circuitos integrados CI1 y CI2 deben ser dotados de disipadores de calor.

Los conectores J1 y J2 son del tipo P2 común, debiendo el montador preparar dos cables blindados de aproximadamente 1 metro con pinzas cocodrilo en un extremo, y un enchufe P2 en el otro para fijar en estos puntos.

Para la salida de las fuentes damos preferencia a las pinzas que deben ser diferenciadas por el color: sugerimos el negro para 0V, el azul para 6V y el rojo para 12V.

La salida del inyector puede hacerse con una pinza o bien por medio de otro conector P2.

Para mejor calidad de reproducción recomendamos que el parlante usado tenga por lo menos 10 cm. Para probar el aparato basta conectarlo a la red de energía e inicialmente, verificar las tensiones en las salidas G1 y G2.

Para probar el inyector y el seguidor de señales cierre S1, abra P1 totalmente y apoye G4 en la entrada del J1.

Debe haber reproducción de la señal del inyector con buen volumen. Si quisiera modificar la frecuencia, por encontrarla muy grave o aguda (en función de las tolerancias de los componentes usados), altere C2 y C3. En esta prueba, S3 debe estar cerrado para que el parlante del circuito esté conectado.

Para el circuito de la figura 3, observe que R1 y R7 son de 1W. Los demás resistores son de 1/8W. Los LEDs pueden ser de colores diferentes para facilitar la identificación de su indicación. La lámpara X1 puede ser del tipo usado en las linternas o la luz de cortesía para autos. C1 debe tener una tensión de trabajo de 25V, y el transformador tiene bobinado primario según la red; el secundario es de 12+12V x 500mA. La llave S2 es del tipo HH deslizante, mientras que S3 es un interruptor de presión normalmente abierto (NA).

J1 y J2 son bornes para conexión de puntas de prueba, y las pinzas cocodrilo de G1 a G3 deben tener colores diferentes: G1 verde, G2 roja y G3 negra (por ejemplo).

Para probar el aparato, conéctelo a la red de energía y accione S1. Inicialmente conecte un diodo entre J1 y J2. Debe encenderse el LED1 o el LED2, según la posición. Invierta el diodo para que encienda el otro LED. Para probar el sector de prueba de transistores/SCRs, tome como base un TIP31 o BD135, conectando las pinzas de la siguiente forma:

G1 - base
G2 - colector
G3 - emisor

La llave S2 debe estar en la posición A. Apretando S3 la lámpara debe encenderse. Una prueba más simple se puede hacer interconectando por un momento G2 y G3.

GENERADOR DE SEÑALES PARA CALIBRACIÓN Y PRUEBAS

Los instrumentos de prueba sofisticados son caros, pero degra-

Fig. 5

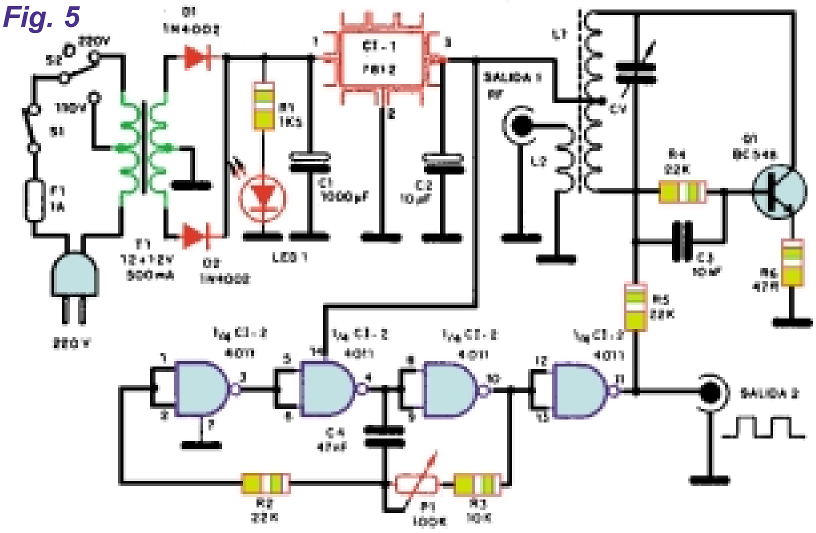
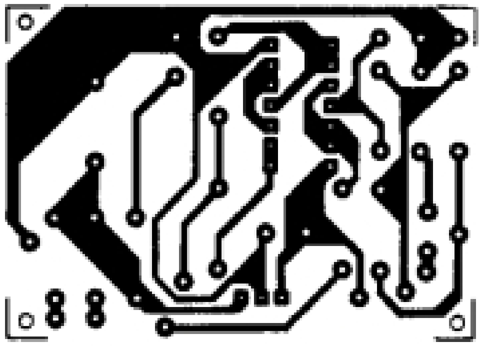
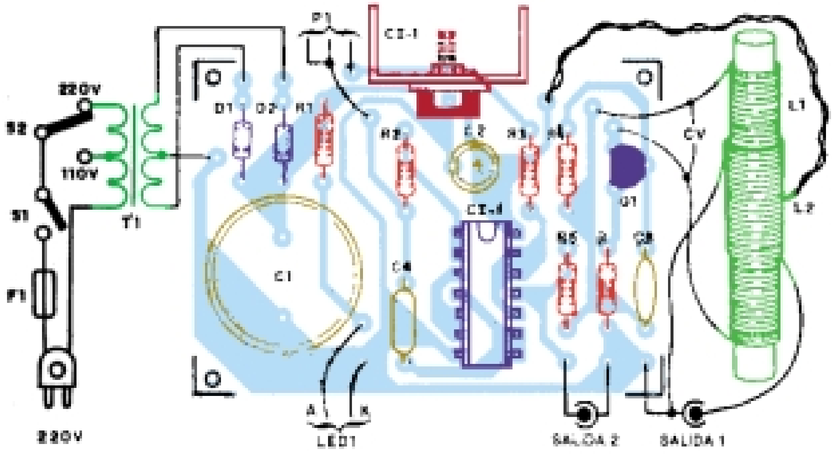


Fig. 6

La placa de circuito impreso se ha dibujado al 85% de su valor real





ciadamente son indispensables en un taller de reparaciones. Describimos en este artículo un aparato bastante sencillo, que sirve para numerosas pruebas distintas en un taller de reparación.

Con este aparato podemos generar una señal de RF modulada y una señal rectangular en la banda de audio, permitiendo su aplicación en los siguientes casos:

** Como inyector de señales en la prueba de radios amplificadores;*

** Como generador para la calibración de etapas de FI y de radios de AM;*

** Como probador de componentes CMOS;*

** En la prueba de amplificadores de audio con verificación de su linealidad y sensibilidad.*

** En la prueba de pequeños transductores de alta y mediana impedancia.*

El circuito está alimentado por la red local y es sencillo de montar. Tiene tres bloque que pueden analizarse separadamente, como podemos observar en el diagrama esquemático de la figura 5. El primero consiste en la fuente de alimentación estabilizada que tiene por base un transformador reductor de tensión, un rectificador en onda completa y un integrado regulador (7812). Este integrado puede proporcionar 12V bajo corriente de hasta 1A, pero el consumo de corriente del aparato es bastante menor.

El led 1, conectado después del rectificador, sirve para indicar el funcionamiento del aparato.

Las señales de alta frecuencia, en la banda de ondas medias y FI, son generadas por la bobina L1 y por CV, que, en conjunto con Q1, forman un oscilador Hartley. Este oscilador proporciona una señal de buena potencia que puede hasta ser irradiada hacia receptores cercanos, sin necesidad de un acoplamiento directo.

Para el caso más simple, el acoplamiento puede hacerse por algunas espiras de alambre común alrededor de la radio.

En CV podemos ajustar la frecuencia de operación. Una escala calibrada puede ayudar bastante en la determinación del punto de operación. Para elaborar esta escala basta tomar como referencia una radio común.

La modulación de la señal para esta etapa viene de un oscilador CMOS que tiene por base el integrado 4011. Las cuatro puertas NAND de este integrado se usan como inversores, de las cuales 3 forman la configuración oscilladora. La frecuencia del oscilador está dada por C4 y los resistores asociados a la malla de realimentación. Como uno de ellos es variable (P1), tenemos un control de la frecuencia producida en una amplia banda de valores.

La señal de este oscilador pasa por la cuarta puerta, que funciona como inversor y buffer, que la entrega a la salida 2, donde hacemos uso como inyector de señales, y la llevan también a la base de Q1 vía R5, para producir la modulación. El valor de R5 determina la profundidad de la modulación, puede ser alterado en una amplia gama de valores.

La señal obtenida en la salida 2, por ser rectangular, es rica en armónicas, lo que permite su uso en la prueba tanto de circuitos de radio como hasta incluso en RF.

La placa de circuito impreso aparece en la figura 6.

Para la aplicación de las señales en los aparatos a prueba es conveniente tener cables preparados. El transformador usado en la fuente tiene bobinado primario de dos tensiones (o bien de acuerdo con la red local) y el secundario de 12 + 12V x 500mA, o de 15 + 15V x 500mA. En verdad, las corrientes por encima de 250mA serán suficientes para alimentar todo el circuito. Los resistores serán todos de 1/8 ó 1/4W y los electrolíticos para 25V ó más.

El integrado CI-1 deber ser montado en un pequeño disipador de calor. Los capacitores C3 y C4 deben ser cerámicos de buena calidad. La bobina L1 se hace de la siguiente manera: enrolle en un bastón de ferrite 120 espiras de alambre esmaltado de 28AWG (0,3211 mm de diámetro). El bastón debe tener de 10 a 30 cm de largo, con diámetro aproximadamente de 1 cm. La toma de este bobinado se hace en la espira número sesenta (60º). L2 está constituida por 15 espiras del mismo alambre enrolladas sobre L1, como sugiere el dibujo en la placa de circuito impreso. Esta bobina debe fijarse en la placa por medio de abrazaderas plásticas.

El variable CV puede ser de cualquier tipo para radios de ondas medias con capacidad máxima alrededor de 200pF. Eventualmente puede ser necesario asociar las dos secciones de ondas medias de modo de llegar en las frecuencias más bajas, 465kHz por ejemplo, para el ajuste de FI.

Para verificar el funcionamiento del aparato será conveniente disponer de una radio de transistores que sintonice la banda de ondas medias. Conéctele en una frecuencia libre en el extremo inferior de la banda.

Conectando en la salida 1 un cable y una bobina de acoplamiento, sintonice el generador de modo que su señal sea captada en la forma de un silbido.

Después inyecte la señal de la salida 2. Esto se puede hacer en la propia antena, caso en que la misma no será sintonizada y tendrá menor intensidad, o bien en el potenciómetro de volumen, caso en que la misma será pura y debe ser reproducida con buena intensidad en el parlante.

Comprobado el funcionamiento sólo queda usar la unidad. Para ajuste de radios AM, use la salida 1 y ajuste el trimer de antena y el núcleo de la bobina osciladora en los dos extremos de la banda de ondas medias. Después vuelva a hacer el ajuste de las bobinas de FI. Para verificación de equipos de audio, use la salida 1, inyectando la señal directamente en la entrada del aparato a prueba. Puede agregarse un potenciómetro de 10k a esta salida, en caso de desear un control de la intensidad de la señal. En esta misma salida 2 tenemos señales compatibles con circuitos CMOS para pruebas diversas.

El ajuste de la tonalidad del sonido generado se hace en P1.

Lista de Materiales del Generador de Señales

CI - 1 - µA7812 - circuito integrado regulador de tensión
CI - 2 - CD4011 - circuito integrado CMOS
Q1 - BF494 o equivalente - transistor NPN de uso en RF (cambia en figura)
D1, D2 - 1N4002 o equivalentes - diodos rectificadores
LED 1 - led rojo común
F1 - 1A - fusible
S1 - interruptor simple
S2 - llave de tensión 110/220V
T1 - transformador con primario de 110/220V y secundario de 12 +12V x 500 mA
L1, L2 - bobinas osciladoras - ver texto
CV - variable para radios AM de dos secciones - ver texto
P1 - 100kΩ - potenciómetro simple
R1 - 1k5 - resistor (marrón, verde, rojo)
R2, R4, R5 - 22kΩ - resistor (rojo, rojo, naranja)
R3 - 10kΩ - resistor (marrón, negro, naranja)
R6 - 47Ω - resistor (amarillo, violeta, negro)
C1 - 1000µF - capacitor electrolítico
C2 - 10µF - capacitor electrolítico
C3 - 10nF - capacitor cerámico
C4 - 47nF - capacitor cerámico

Varios:

placa de circuito impreso, cable de alimentación, gabinete para montaje, soporte para fusible, cables blindados, bastón de ferrite, disipador de calor para el integrado, estaño, etc.

INSTRUMENTOS PARA EQUIPOS DE AUDIO

Son muchos los que desean saber como se hace la conexión de instrumentos indicadores en aparatos de audio, como vúmetros e indicadores de equilibrio. Las características de los instrumentos usados, normalmente galvanómetros de 100 a 300µA, exigen el empleo de circuitos especiales para su accionamiento, con la indicación de la modulación de una señal en un amplificador o en un míxer (mezclador), así como la indicación de equilibrio en un sistema de dos parlantes. Existen diversas posibilidades de conexión que involucran circuitos de adaptación de las características de estos instrumentos a las señales con las cuales deben operar. Daremos tres aplicaciones interesantes para usarlos con amplificadores, mixers y preamplificadores de cualquier potencia en la banda de 500mW a 250W.

El bajo consumo de corriente de estos indicadores permite la utilización de la propia fuente de alimentación de los aparatos con los cuales operan, y hasta incluso la propia energía de la señal, sin necesidad de alimentación alguna, externa o interna.

Los Galvanómetros

Normalmente, en los indicadores de modulación o equilibrio de aparatos de audio se usan pequeños galvanómetros de bobina móvil de bajo costo, simples o dobles.

Estos instrumentos poseen bobinas de 50 a 500Ω y un fondo de escala que varía entre 100 y

300µA típicamente, aunque también se encuentran tipos de 1mA.

Para operar, las señales aplicadas a estos instrumentos deben ser continuas y la inercia del sistema mecánico representa un límite para la respuesta a las variaciones de intensidad de estas señales. En la operación en un sistema indicador debemos tener en cuenta los siguientes factores:

a) Límite para la corriente aplicada, lo que será dado normalmente por un trimpot de ajuste conectado en serie. El correcto ajuste de este componente determinará el límite para el movimiento de la aguja indicadora o el "fondo de escala" (figura 7).

b) Circuito de amortiguación: normalmente se usan resistores y capacitores que limitan la velocidad de la respuesta a las variaciones de la señal, se evitan así oscilaciones muy rápidas de la aguja. Estas oscilaciones no sólo dificultan el control de la magnitud por el operador sino que hasta pueden ocasionar problemas de naturaleza mecánica, "forzando" el mecanismo con los golpes de la aguja al final del recorrido (figura 8).

c) Circuito de accionamiento: el mismo debe, a partir de la señal disponible, proporcionar la corriente continua que el instrumento precisa para operar. En los casos de amplificadores, en que la señal se retira de la salida, el circuito puede estar formado simplemente por capacitores, resistores y diodos, dada la intensidad de la señal. Sin embargo, si la señal fuera débil, como por ejemplo la obtenida en la salida de un míxer o de un preamplificador, debemos tener una etapa amplificadora propia, que tanto puede ser elaborada con transistores discretos como a partir de circuitos integrados.

d) Alimentación: en el caso de usar un amplificador, éste debe ser dotado de una alimentación que puede provenir del propio equipo con el cual opera, ya que normalmente se trata de circuitos de muy bajo consumo de corriente.

1. Vúmetro para Señales Débiles

Este circuito, mostrado en la figura 9, es indicado para la conexión en la salida de preamplificadores, mixers, controles de efectos, etc. Se usan dos transistores que garantizan una buena amplificación de la señal y su tensión de alimentación debe ser de por lo menos 18V.

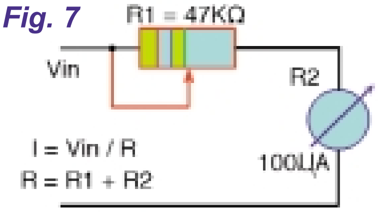
La placa de circuito impreso sugerida para este circuito se muestra en la fig. 10. Podemos usar instrumentos en la banda de 100 a 300µA y todos los componentes son comunes. Los transistores son NPN de uso general, los capacitores electrolíticos para 25V y los diodos son 1N4148 o equivalentes como el 1N914. El capacitor C5 determina la inercia del sistema y puede tener valores en la banda de 22 a 100µF.

El único ajuste a hacer es en el trimpot, a fin de obtener la corriente máxima en el instrumento con la señal máxima en la salida del preamplificador.

En la figura 11 tenemos la fuente de alimentación para el caso de que la tensión disponible en el amplificador o sistema de sonido sea mayor que 18V.

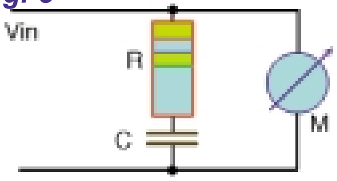
2. Vúmetro para Señales Fuertes

Fig. 7


R1 = 47KΩ
Vin
R2
I = Vin / R
R = R1 + R2
100µA

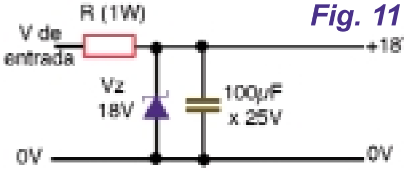
Ajuste de la corriente máxima de pico

Fig. 8



Circuito de "inercia" típico

Fig. 11


R (1W)
V de entrada
+18V
Vz 18V
100µF x 25V
0V
0V

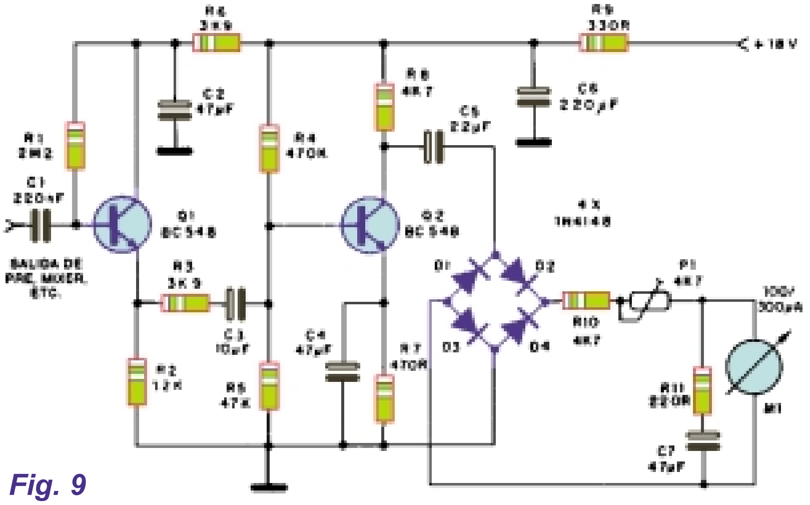
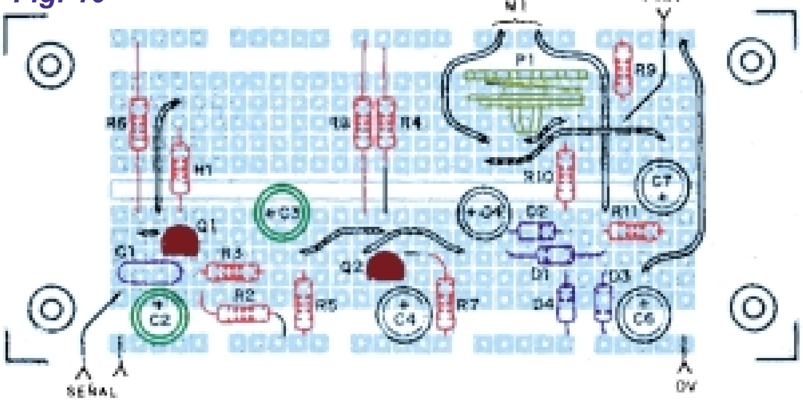

R6 3K9
R9 330R
+18V
C2 47µF
R8 4K7
C6 220µF
C5 22µF
R1 2M2
R4 470K
C1 220nF
Q1 BC548
Q2 BC548
4 x 1N4148
SALIDA DE PRE, MIXER, ETC.
R3 3K9
D1
D2
P1 4K7
100/300µA
C3 10µF
C4 47µF
R7 470R
D3
D4
R10 4K7
R2 12K
R5 47K
R11 220R
M1
C7 47µF

Fig. 9

Fig. 10


M1
+18V
P1
R9
R6
R3
R4
R1
R10
C7
C3
C4
D2
R11
Q1
C1
R3
Q2
D1
D3
D4
R2
R5
R7
C2
C4
C6
SEÑAL
0V

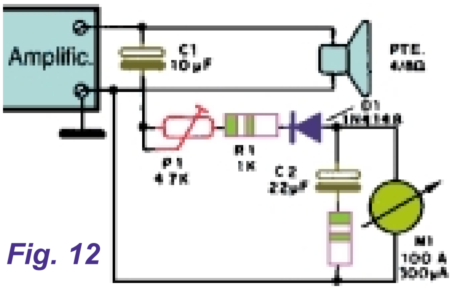


Fig. 12

Fig. 14

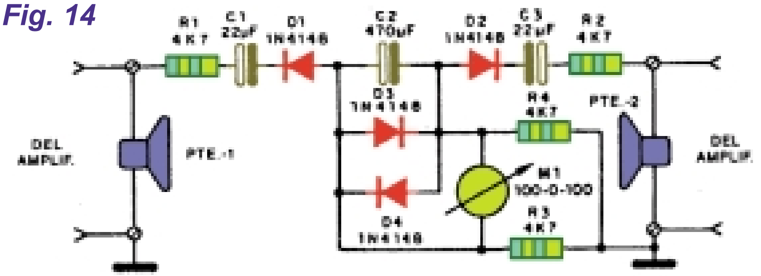
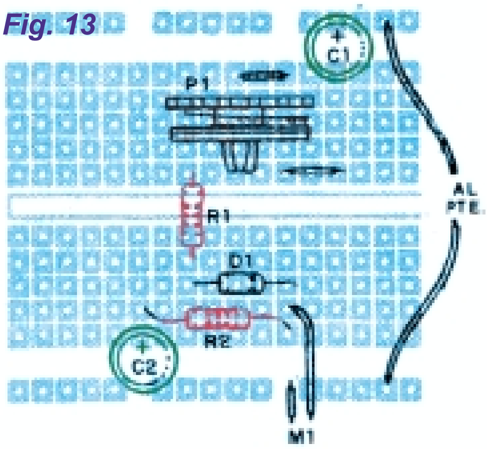


Fig. 13



Este circuito, presentado en la figura 12, puede ser conectado directamente en la salida para los parlantes de cualquier aparato de audio con potencia por encima de 500mW. El instrumento es un galvanómetro de 100 a 300µA y los capacitores electrolíticos deben tener una tensión de trabajo de 25V o más. En la figura 13 tenemos el montaje en una pequeña placa, que podrá ser fijada en la parte posterior del propio instrumento. El único ajuste se hace en el trimpot de 22kΩ a fin de que no tengamos corriente más allá del fondo de escala en el instrumento. La conexión del indicador se hace directamente en los terminales de salida de los parlantes del amplificador. El único resistor es de 1/8W y su valor no es crítico, puede ser alterado juntamente con el capacitor, para obtener una respuesta a las variaciones de la señal según lo deseado. El capacitor puede tener valores en la banda de 4,7 a 22µF y el resistor en la banda de 150 a 330Ω.

3. Indicador de Equilibrio

Este circuito, mostrado en la figura 14, indica la diferencia de nivel de las señales de las dos salidas de un amplificador estereofónico.

Como el mismo opera con señales fuertes, no hay necesidad de fuente de alimentación. Los diodos son de uso general y su montaje puede hacerse en una plaquita junto al propio instrumento, como muestra la figura 15. Los resistores son de 1/8W y no hay que hacer ajuste alguno. En función de la potencia del amplificador puede ser necesario alterar los resistores R1 y R3, cuyos nuevos valores deberán estar entre 100 y 470Ω en los amplificadores menores (hasta 10W), entre 1kΩ y 4k7 en los de mediana potencia (de 10 a 50W) y en 10kΩ en los de alta potencia (por encima de 50W).

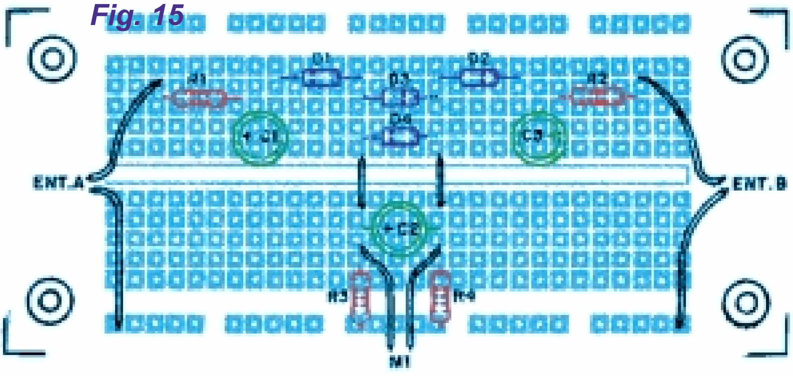
Los capacitores deben tener tensiones de trabajo de por lo menos 25V. El capacitor C3 puede ser alterado en la banda de 220 a 470µF en función de la velocidad de respuestas deseada. No debemos reducirlo mucho, pues el aparato pasará a indicar desequilibrios y diferencias instantáneas entre las señales de los canales, lo que no es la finalidad del proyecto. El galvanómetro usado en este indicador es del tipo con cero en el centro de la escala y, para ajustar los canales, bastará colocar los controles de volumen de modo de tener la indicación cero, momento en que las potencias de las señales de cada canal estarán equilibradas (el ajuste de equilibrio también será usado en este caso).

Modo de Usar

Los vúmetros se usan para determinar el nivel máximo de modulación de una señal. Cuando el nivel de señal sobrepasa los valores máximos puede ocurrir la distorsión. Ajustando el vúmetro para dar una deflexión de 100% en su escala, con la entrada de audio de intensidad necesaria para excitación a la plena potencia o a la potencia en que se obtiene la menor distorsión, podemos controlar la reproducción y mantenerla dentro de los niveles en que se obtiene la mejor calidad.

Los indicadores de equilibrio sirven para dosificar de modo conveniente la intensidad del sonido reproducido por cada conjunto de parlantes. Si tuviéramos un conjunto con dos cajas en un amplificador estéreo y nos colocamos entre los parlantes, el ajuste debe hacerse de modo de tener la misma intensidad de sonido en cada canal. En estas condiciones, el control de equilibrio y volumen deben ser ajustados para que el instrumento indique cero.

Fig. 15



Los Diodos Zener

Los diodos rectificadores operan en la zona de polarización directa, y nunca se polarizan en la zona de ruptura (valor de voltaje de polarización inversa, en donde el diodo comienza a conducir de manera descontrolada). Esto es porque podrían sufrir daños en su interior. Por su parte, el diodo zener está diseñado para trabajar en la zona de ruptura; es decir, presenta una resistencia muy elevada en polarización inversa hasta un determinado valor de la tensión. En este punto comienza el efecto avalancha, y la resistencia cae bruscamente a valores muy bajos. Mientras que la corriente crece muy rápido, la tensión entre los extremos del diodo permanece casi constante. Los diodos zener se utilizan en circuitos reguladores de voltaje, los cuales mantienen el voltaje de salida constante sin importar el consumo de corriente en la carga o las variaciones de la línea de alimentación comercial. En la figura 1 se muestra su símbolo.

Ruptura del Zener

El dopado que se aplica en las regiones P y N del diodo es muy fuerte, y produce, en un dispositivo con un gran campo eléctrico interconectado, en el interior de su región de agotamiento. Bajo condiciones de polarización positiva, el comportamiento físico del zener es idéntico al de un diodo rectificador. Sin embargo, bajo condiciones de polarización inversa, el gran campo interconstruido del zener se incrementa aún más por el voltaje aplicado en éste. Cuando el voltaje de polarización inversa llega al punto de ruptura, el campo eléctrico en la región de agotamiento se hace tan grande que los electrones de los enlaces son arrancados de los átomos estacionarios. En algunos diodos, los electrones son arrancados de sus átomos originales por la intensidad del campo eléctrico. A este proceso se le conoce con el nombre de ***ruptura zener .*** Si la disipación de energía en el zener no excede algún valor máximo permitido, el proceso de ruptura inversa no dañará la estructura física del dispositivo; la razón es que en este tipo de elementos, tal hecho representa un procedimiento común. La ruptura desde un punto de vista del circuito, es parecida a la conducción de corriente en dirección de polarización directa.

La principal diferencia entre el estado de polarización directa y el estado de ruptura inversa del zener, es la rapidez con que ocurre la transición a esta última.

Curvas Caracterœsticas

Considerando que los diodos zener se construyen a partir de un diodo rectificador convencional variando el nivel de dopado en el material semiconductor, el fabricante puede obtener diodos con tensiones de ruptura que van desde 2 hasta 200 voltios. Además, estos diodos pueden funcionar en cualquiera de las tres zonas de su curva característica: directa, inversa y de ruptura (figura 2). En la zona de polarización directa el diodo comienza a conducir a los 0.7 voltios, tal como sucede con los diodos rectificadores convencionales. En la zona de polarización inversa (es decir, entre los 0 voltios y el punto de ruptura), circula una pequeña corriente inversa. En la gráfica del diodo zener, a partir del punto de ruptura, la corriente que atraviesa al dispositivo aumenta rápidamente a pequeñas variaciones de voltaje. Dicho de otra manera, podemos señalar que el voltaje se mantiene constante en un cierto rango de corriente en el punto de ruptura Vz.

Resistencia Zener

Al igual que sucede con algunos otros elementos semiconductores, este diodo presenta una cierta resistencia interna en las zonas P y N. Cuando circula corriente eléctrica por el diodo, se produce una caída de tensión en sus terminales y además aparece el voltaje de ruptura Vz. Esto significa que si un diodo zener está operando en el voltaje de ruptura Vz, a un aumento en la corriente corresponderá sólo un pequeño aumento en la caída de tensión. Es muy importante considerar esta característica para el diseño de circuitos.

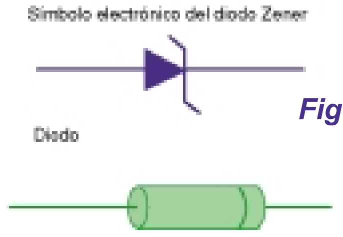


Fig. 1

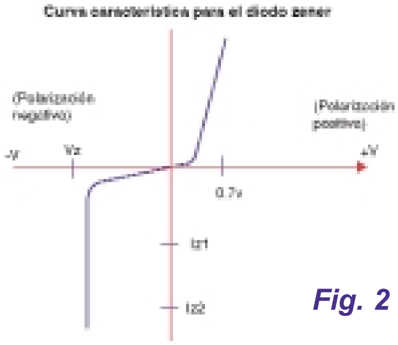


Fig. 2

Efectos de la Temperatura

Cuando el diodo zener se conecta a un circuito, puede ser afectado por el aumento en la temperatura ambiente; como resultado, la tensión zener variará.

Normalmente, los fabricantes de diodos proporcionan hojas de datos en las que se indican los efectos de la temperatura sobre cada diodo específico. Con este propósito, se especifica que el ***coeficiente de temperatura*** es el cambio porcentual por cada grado de variación de la temperatura. Los diseñadores de circuitos necesitan calcular el cambio en la tensión zener para la temperatura ambiente más alta. Las personas dedicadas a la reparación de circuitos, deben considerar también el efecto de la temperatura sobre el diodo zener.

Para diodos zener con voltajes de ruptura menores a 5V, el coeficiente de temperatura será negativo; para diodos zener con tensiones de ruptura mayores de 6V, el coeficiente de temperatura será

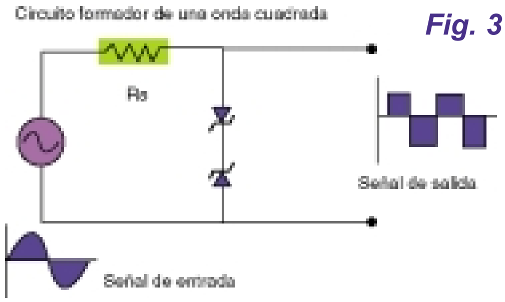


Fig. 3

positivo. En el rango comprendido entre 5 y 6V, el coeficiente de temperatura pasa de negativo a positivo; por eso es posible encontrar un punto de operación en el que el diodo zener tiene un coeficiente de temperatura igual a cero.

Aplicaciones de los Diodos Zener

En la mayoría de las aplicaciones de circuitos electrónicos, los diodos zener se utilizan como elementos reguladores de tensión (recuerde que a veces decimos “tensión” y otras “voltaje”, dado que se emplea diferente término en distintos países); entonces, se mantienen polarizados dentro de la zona de ruptura zener.

Pero los diodos zener pueden utilizarse en muchas otras aplicaciones. Un ejemplo de ello lo tenemos en la figura 3. Vemos un circuito formado por dos diodos zener en configuración de formadores de onda; se han conectado de forma encontrada, es decir, en polarización opuesta. Durante el primer semiciclo positivo de la señal senoidal, el diodo de la parte de arriba conduce, en tanto que el diodo de la parte de abajo se encuentra en la zona de operación zener. En la salida se obtiene un medio ciclo positivo de forma cuadrada.

La intensidad de la señal recortada es igual al voltaje zener (diodos en zona de ruptura), más 0.7 voltios (del diodo en polarización directa). En el semiciclo negativo, la operación se invierte: mientras que el diodo de la parte de abajo conduce, el diodo superior pasa al estado de la zona de operación zener. El efecto total es el de obtener en la salida una forma de onda casi cuadrada. Conforme se incremente el valor de intensidad de la señal senoidal de entrada, más perfecta será la señal cuadrada de salida.

Características de los Diodos Zener Comerciales

Hasta este punto hemos tratado las características de los diodos zener de manera teórica, pero es importante tener en cuenta las características técnicas de los diodos comerciales, lo que permitirá realizar fácilmente la detección de fallas y la reparación.

En la elección de los diodos zener el primer parámetro que debemos considerar es el voltaje de zener Vz; de manera comercial encontramos diodos para voltajes que van de 2,4 a 200 volts como valores típicos. El segundo parámetro que debemos considerar es la disipación de potencia, que indica la cantidad máxima de energía que el diodo puede disipar; en otras palabras, indica el valor máximo de corriente que puede conducir el diodo durante el proceso de regulación. A mayor cantidad de corriente eléctrica el diodo requiere de un encapsulado más grande, para poder disipar el calor que se genera debido a la mayor conducción de corriente eléctrica.

COMPROBACIÓN DE LOS DIODOS ZENER

Cuando sospeche que está fallando un diodo zener que se encuentra interconectado en una tablilla de circuito impreso, primero debe comprobar que las resistencias limitadoras asociadas al diodo conserven su valor nominal indicado en el cuerpo del dispositivo. En caso de que no correspondan al valor adecuado, proceda a reemplazar dichas resistencias y continúe con el diagnóstico del diodo zener.

Si las resistencias se encuentran bien, entonces encienda el aparato y compruebe con el multímetro si la tensión en los extremos del diodo corresponde al voltaje zener que se requiere en ese punto. En caso contrario reemplace el elemento. Finalmente, si la falla persiste, entonces desconecte el aparato y desolde una de las terminales del diodo; enseguida, con el multímetro en la función de óhmetro en el rango más bajo, compruebe la conductividad del diodo en ambos sentidos: si conduce en un sentido y en el otro no, entonces se encuentra en buen estado; si conduce en ambos sentidos entonces se encuentra en corto; y si no conduce en ningún sentido, entonces está abierto internamente.

¿QUÉ ES UN MICRÓFONO?

Los Micrófonos

El primer paso en la amplificación, grabación o transmisión de los sonidos, es la conversión de las ondas sonoras en señales eléctricas para ser procesadas mediante circuitos electrónicos. El dispositivo encargado de este paso, es un transductor electroacústico llamado ***micrófono***.

El tipo de micrófono más sencillo y primitivo es el de carbón, utilizado fundamentalmente en los aparatos telefónicos.

Teléfonos y Micrófonos

Mientras continuaba experimentando con el telégrafo múltiple, Alexander Graham Bell (1847-1922) sentó las bases para la creación y operación del teléfono. Pero para eso, primero tuvo que inventar de manera implícita el micrófono; por eso se le considera el inventor de este dispositivo. Este primer micrófono estaba basado en el uso de partículas de carbón para la transformación de una señal sonora en una señal eléctrica. Al principio eran dispositivos voluminosos y de mínima fidelidad, pero debido a su papel fundamental comenzaron a ser ampliamente utilizados y, por consiguiente, perfeccionados.

El Transductor

Mediante un transductor, una energía, puede ser transformada en otra forma de energía. Por ejemplo, haciendo uso de un dínamo, la energía mecánica (movimiento) de una bicicleta se transforma en energía eléctrica (corriente); a su vez, ésta es transformada en energía luminosa mediante una lámpara incandescente. Un transductor, puede definirse como un dispositivo capaz de tomar en un extremo alguna variable física y expedir en su salida una señal eléctrica que refleje fielmente el comportamiento de dicha variable; entonces, tenemos que un micrófono, una celda solar, una fotoresistencia, un termopar, etc., son todos ellos transductores.

Con un micrófono el sonido se convierte en señales eléctricas que siguen las variaciones de intensidad de las ondas de sonido. Para comprobar esto, puede hacer un experimento que consiste en colocar en serie un micrófono telefónico de carbón, un foco de 1,5 volts y una pila del mismo voltaje (figura 1). Al conectar el circuito, observará que el foco enciende con una cierta intensidad luminosa; pero al hablar por el micrófono, se producen ligeras variaciones en la intensidad de luz.

Tipos de Micrófonos

Los micrófonos pueden utilizar diferentes tipos de transductores. Según el tipo de transductor utilizado, los micrófonos se clasifican en pasivos y activos; para los primeros se requiere una fuente de tensión externa, a fin de generar la señal electrónica; por su parte, los activos son capaces de generar una señal electrónica, aun cuando no estén conectados a ninguna fuente de tensión.

Micrófono de Carbón

Este tipo de micrófono pasivo, como el que se utiliza en los receptores telefónicos caseros, consiste en una cápsula cerrada de carbón, como la que mostramos en la figura 2. En cada extremo de ésta, hay un electrodo, uno fijo y otro que actúa como diafragma (figura 3).

Como el carbón posee una resistencia intrínseca, a través de él puede circular una corriente apreciable; sin embargo, cuando se trata de pequeños gránulos colocados ordenadamente, el punto de contacto entre esferas es relativamente pequeño, por lo que la corriente tiene menos espacio para circular, presentando la masa de gránulos una resistencia relativamente elevada.

Cuando una onda sonora llega hasta el diafragma, la presión del aire empuja los gránulos, compactándolos e incrementando el área de contacto entre ellos, lo que facilita la circulación de la corriente y disminuye la resistencia que presenta la cápsula. En consecuencia, el micrófono de carbón produce variaciones en la circulación de la corriente que circula por su interior, y de esta manera, modula a una señal eléctrica que posteriormente es amplificada.

Micrófono de capacitor

Este micrófono pasivo se construye con dos placas metálicas conductoras cuya área es muy pequeña (0.5 cm aproximadamente). En tanto una de estas placas se mantiene fija y mediante un conductor eléctrico actúa como si fuese placa de condensador, la otra ***- que se encuentra muy cerca y es metálica-*** tiene cierta libertad de movimiento. Cuando las ondas de sonido perturban a la placa móvil, ésta se separa ligeramente de la placa fija; a su vez, esta variación produce un cambio en la capacitancia del sistema.

Se le considera de tipo pasivo, puesto que para funcionar requiere que las placas estén polarizadas con una fuente de corriente directa constante; esta variación de la capacidad es aprovechada por un circuito electrónico amplificador, para finalmente formar la señal de salida.

A estos capacitores se los conoce con el nombre de *electrect*.

Al hablar por el micrófono, se producen variaciones en la intensidad luminosa del foco.

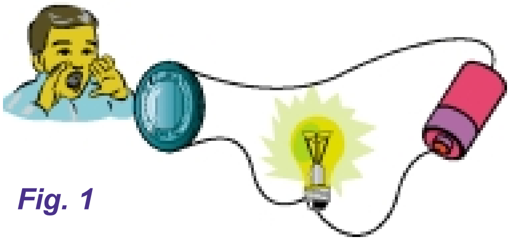


Fig. 1

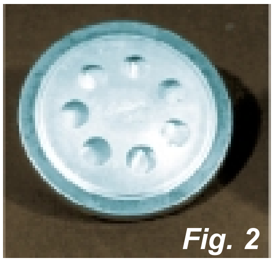


Fig. 2

El micrófono de carbón varía su resistencia interna cuando las ondas de sonido inciden en él.

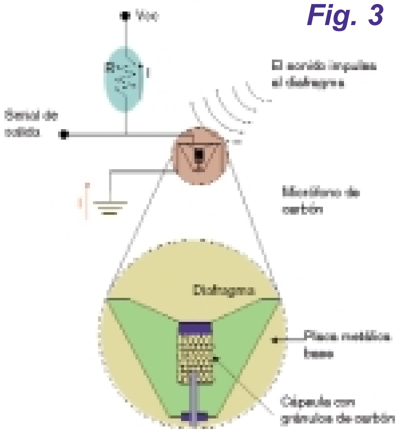


Fig. 3

Micrófono de Bobina Móvil

Este micrófono activo (figura 4) es uno de los que más se utilizan. Básicamente, consiste en una bobina montada sobre una pieza de plástico muy ligero que sirve como diafragma; éste, que por cierto se localiza sobre un imán permanente, le confiere a la bobina capacidad de movimiento. El imán tiene la función de generar un campo magnético estático, cuando las ondas sonoras llegan al diafragma; luego éste sigue las variaciones de la onda de sonido, con movimientos hacia adelante y hacia atrás de aquél. Así es como se induce en la bobina móvil una corriente eléctrica, misma que es proporcional en forma e intensidad a la señal de la onda de sonido que la generó.

Por sus propiedades, este tipo de micrófonos se utiliza en ambientes profesionales, donde una buena respuesta en todo el espectro audible (de 20 a 20,000 Hz) resulta indispensable.

Fig. 4

Micrófono de cristal

En este tipo de micrófonos activos, se aprovecha la propiedad piezoeléctrica de algunos cristales. Dicha característica consiste en generar una diferencia de potencial entre las caras del cristal, cuando éste sufre alguna deformación a causa de la acción de una fuerza externa. En los micrófonos de cristal, una oblea de material piezoeléctrico va colocada entre dos placas metálicas. Una de éstas es fija, y la que tiene una pequeña libertad de movimiento se encuentra unida a una pieza plástica muy ligera que actúa como diafragma. Cuando una onda de sonido llega al diafragma, se genera sobre la superficie de éste una presión variable; aplicada al cristal, esta fuerza variable genera una diferencia de potencial que varía en la misma intensidad que la onda de sonido original; finalmente, esta tensión variable es recogida mediante los contactos metálicos que soportan al cristal. Suele utilizarse como dispositivo oculto para auditorios, o como micrófono espía.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MICRÓFONOS

Sólo algunos micrófonos tienen la capacidad de responder de 20Hz a 20kHz. Generalmente, esto se debe a las deficiencias mecánicas y a la calidad de los materiales utilizados. Cuanto mayor sea el rango de frecuencia de operación de un micrófono, éste será considerado de mejor calidad.

Sensibilidad

La sensibilidad de un micrófono es la capacidad de éste para captar los sonidos de menor intensidad posible. Entre más sensible sea, de mayor calidad se le considerará. La sensibilidad se mide en decibeles; en micrófonos profesionales, por ejemplo, un nivel de aproximadamente -60 dB se considera adecuado. Cuanto más negativa es la sensibilidad, mejor es el micrófono.

Direccionalidad

Se considera como ***direccionalidad*** al espacio y dirección en que el micrófono puede ofrecer una buena recepción de los sonidos. Para toda fuente de sonido que se encuentre fuera de esta zona, no se asegura la generación de una señal eléctrica fiel y reproducible. De acuerdo con su direccionalidad o área de alcance, los micrófonos se clasifican básicamente en unidireccionales y omnidireccionales. Para los primeros, se tiene un patrón receptivo como el que se muestra en la figura 5A. Este tipo de micrófonos se utiliza por ejemplo en estudios de grabación. En el caso de los micrófonos omnidireccionales, como su nombre lo indica, existe un patrón de captación espacial muy amplio y parecido a una burbuja alrededor de ellos (figura 5B).

Impedancia

Se define como "impedancia" a la resistencia que un dispositivo presenta al paso de la corriente alterna. En promedio, podemos hablar de micrófonos con impedancias de 300Ω como valor característico. Este aspecto resulta de fundamental importancia en el diseño de los amplificadores que se encargan de recoger la señal producida por el micrófono, ya que un acoplamiento de impedancias incorrecto puede disminuir considerablemente la calidad de la señal de audio obtenida incluso del mejor micrófono.

Inmunidad al ruido

Es la capacidad de un micrófono, para no ser perturbado por agentes externos que induzcan de alguna manera un cierto tipo de sonido no deseado; por ejemplo, los golpes, las vibraciones, el aire, etc.

CONSIDERACIONES FINALES

Salvo que se trate de un pasatiempo o una actividad poco formal, en la elección de un micrófono tiene que considerar dónde y para qué va a utilizarlo. El que se requiere para trabajar en un estadio de fútbol, no es apropiado para un auditorio o sitios cerrados. Si a los micrófonos pudiéramos considerarlos como extensión de nuestros oídos y garganta, habría que ocuparse también de sus condiciones. **********************

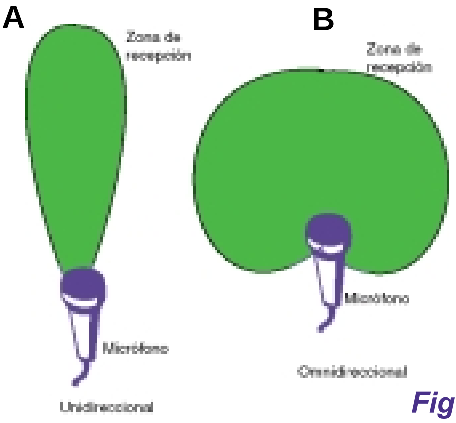


Fig. 5

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos de edición semanal, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y la colaboración de Oscar Montoya Figueroa.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

10

Primeras Reparaciones en Equipos Transistorizados

El Mundo de la Electrónica

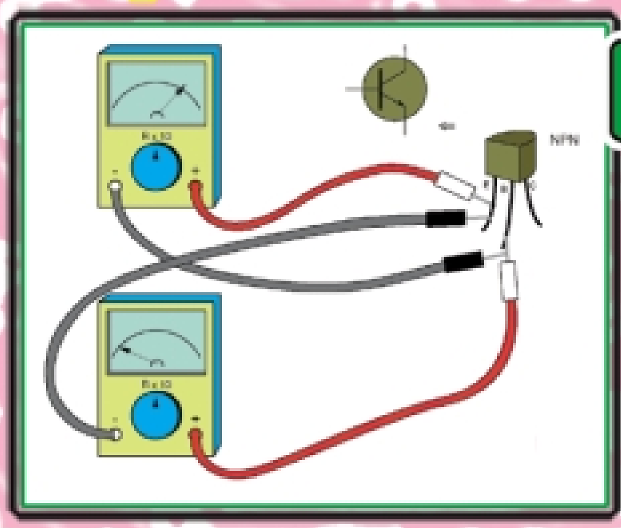
SCORPION 2

MICROTRANSMISOR DE FM DE GRAN ALCANCE

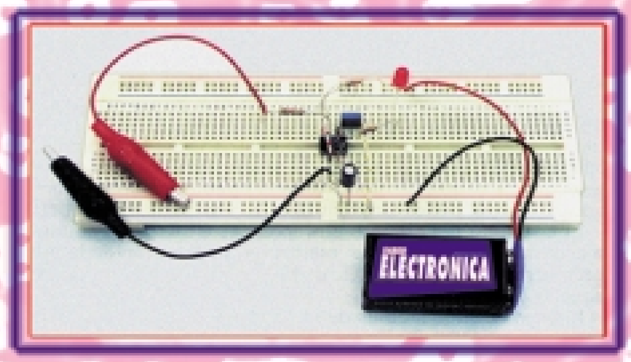
TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

Mediciones que Requieren Precisión



Bricolage



Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 10

PRIMERAS REPARACIONES EN EQUIPOS TRANSISTORIZADOS

Prueba de transistores con el téster................147
Análisis de montajes electrónicos...................148
Lo que puede estar mal..................................149
Defectos y comprobaciones............................149
Mediciones en pequeños amplificadores.....150
Sustitución del componente...........................151
Equivalencias...152

MEDICIONES QUE REQUIEREN PRECISION

Método de compensación de Dubois-Reymond 153
Método de compensación de Poggendorf.......154

DISPOSITIVOS ELECTRONICOS DE MEMORIA

Dispositivos de memoria.................................155
Aplicaciones de los circuitos de memoria.....155
Técnicas de fabricación de las memorias digitales 156
Cómo trabaja una memoria digital 156
Memorias de la familia ROM 156
Memorias ROM 157
Memorias PROM...157
Memorias EEPROM 157
Memorias UV-EPROM 157
Memorias de la familia RAM 157
Memorias SRAM...158
Memorias DRAM...158
Memorias VRAM 158
Memorias NOVRAM 158
Memorias en equipos de audio y video 158
Memorias en computadoras PC 159
RAM, Caché, ROM 159
Memoria Flash...159
CMOS-RAM...159
Memoria de video..159

SCORPION 2: MICROTRANSMISOR DE FM

El Circuito 159

Cupón Nº 10
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 10

Primeras Reparaciones en Equipos Transistorizados

PRUEBA DE TRANSISTORES CON EL TÉSTER

Es de mucha utilidad, especialmente cuando no se tienen los datos técnicos del componente, saber medir transistores, tanto dentro como fuera de un circuito electrónico, contando con la sola ayuda de un multímetro. En este artículo se explican las técnicas de prueba de transistores bipolares fuera del circuito y cómo localizar los terminales cuando el componente está en buen estado, queda para otra entrega la prueba de transistores dentro del circuito (sin quitarlo de éste).

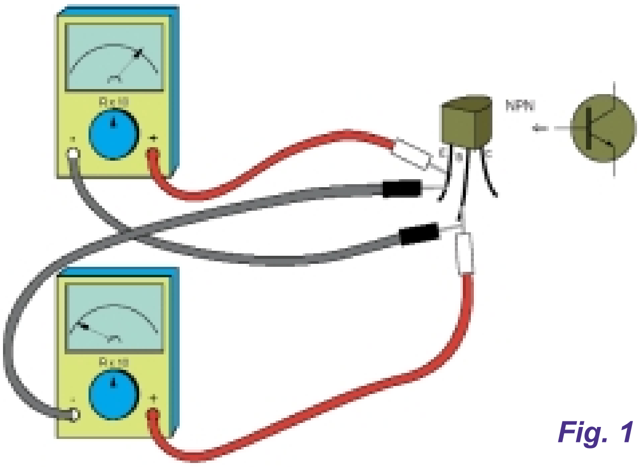


Fig. 1

En general, los transistores bipolares (NPN o PNP) están en buen estado o no sirven, es decir, no admiten condiciones intermedias que podrían hacer presumir que el elemento está agotado, por lo que pueden probarse sencillamente si se tiene un multímetro. En principio, para hacer la prueba, se debe conocer la polaridad (ya sea NPN o PNP) y la ubicación de los terminales como así también la ubicación de los terminales de la batería del multímetro respecto de sus puntas de prueba.

En la mayoría de los multímetros analógicos (a aguja) el borne marcado con (+) corresponde al (–) de la batería interna que alimenta el óhmetro. Esta es la convención que adoptamos en el artículo.

Primero se debe comprobar el estado de la juntura base-emisor y base-colector del transistor, las cuales se comportan como diodos, o sea de un lado conducen (baja resistencia) y polarizados en sentido inverso acusan alta resistencia.

Si el transistor es NPN, con la punta conectada al borne (+) del téster (que corresponde al negativo de la batería interna) tocamos el emisor del transistor y con la otra punta (negra del téster) tocamos la base, el multímetro debe acusar baja resistencia, luego, con la punta roja en base y la punta negra en emisor, la aguja no deflexionará, lo que indica una resistencia alta. El téster debe estar en la posición R x 10 o R x 100 como indica la figura 1.

La misma prueba debe efectuar para la verificación de la juntura base-colector, o sea, con la punta roja en base y la negra en colector no debe conducir e, invirtiendo las puntas, la resistencia debe ser baja.

Esta prueba es válida tanto para transistores de silicio como de germanio, ya sean de poder o de baja señal (recuerde que el téster debe estar en el rango R x 10 o R x 100).

Para transistores de germanio, la resistencia inversa de las junturas no es tan elevada como en el caso de los de silicio y, por lo tanto, podría producirse una pequeña deflexión de la aguja cuando se realiza la medición.

Cuando se miden las junturas de un transistor PNP se sigue el mismo procedimiento, sólo que ahora la aguja deflexionará cuando la punta roja esté en la base y la negra en cualquiera de los otros dos terminales, como muestra la figura 2.

Si al hacer la medición de las junturas, ambas lecturas dan baja resistencia el transistor está en corto y si en las dos medidas se lee alta resistencia está abierto. En los dos casos el componente no sirve.

Una vez medidas las junturas se debe comprobar que no haya cortocircuito entre colector y emisor, por lo tanto, la lectura de resistencia entre estos terminales

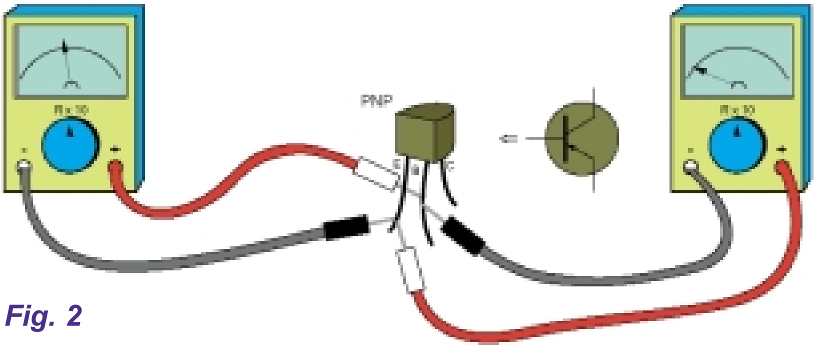


Fig. 2

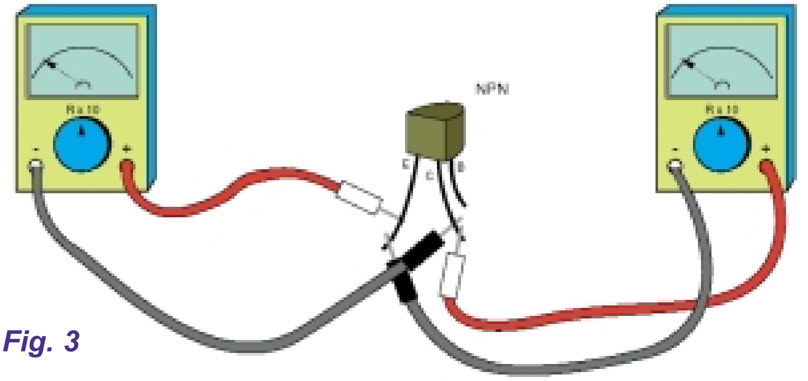


Fig. 3

debe ser muy alta sin importar cómo se conecten los terminales.

La figura 3 muestra esta medición para un transistor NPN.

Si tenemos un transistor del cual suponemos que está en buen estado y no sabemos si es NPN o PNP y ni siquiera conocemos la ubicación de los terminales, debemos primero identificar la base. Con el téster en R x 10 o R x 100 colocamos una punta en un terminal y con la otra punta tocamos alternativamente los otros dos. Hacemos esto con los tres terminales; luego, la base será aquélla en que la aguja haya deflexionado, tanto si la punta restante está en un terminal como en el otro.

Como ejemplo, supongamos que colocamos la punta roja del téster (negativo de la batería interna) en lo que creemos que es la base, y se presentan los casos de la figura 4. Analizando la misma se llega a la conclusión de que en ningún caso hubo deflexión como se planteó inicialmente; por lo tanto, buscando la base con la punta negra (positivo de la batería interna) invertimos las puntas.

En la figura 5 se ve que con una punta en la base y con la otra tocando alternativamente los otros terminales, se consigue deflexión en ambos sentidos. Luego, el transistor es NPN.

Si encontramos la base, cuando en ésta colocamos la punta roja (marcada con "+" y correspondiente al negativo de la batería interna), el transistor es PNP.

Sólo resta ahora localizar el emisor o el colector del transistor; luego por descarte también sabremos cuál es el tercer terminal.

Para la localización del emisor colocamos el téster en la escala más alta del óhmetro, el cual se comporta como un medidor de corriente (el téster como óhmetro en realidad es un microamperímetro) conectado entre emisor y colector del transistor con la punta de polaridad correcta en el emisor. Por ejemplo, si el transistor es NPN, la punta roja (negativo de la batería) la colocamos en el que "creemos" que es el emisor. De esta manera el transistor queda preparado para conducir en polarización fija si se le coloca una resistencia entre base y colector. Para la prueba empleamos la resistencia de los dedos de nuestra mano como elemento de polarización, como se ve en la figura 6.

En esta figura se supone que el terminal (1) es el emisor de un transistor NPN y el (2) es el colector, luego la aguja deflexiona. Si el terminal elegido como emisor no lo fuera, entonces la aguja no deflexionaría, o lo haría muy poco.

Le recomendamos repetir varias veces esta prueba con transistores identificados con el objeto de adquirir práctica. Los conceptos dados son válidos para todos los transistores y son muy útiles, tanto a la hora del armado como de la reparación.

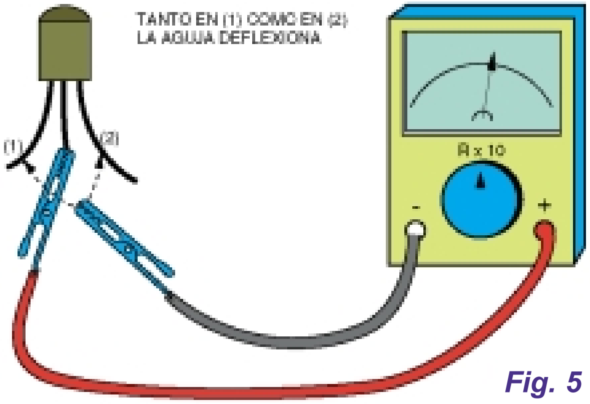
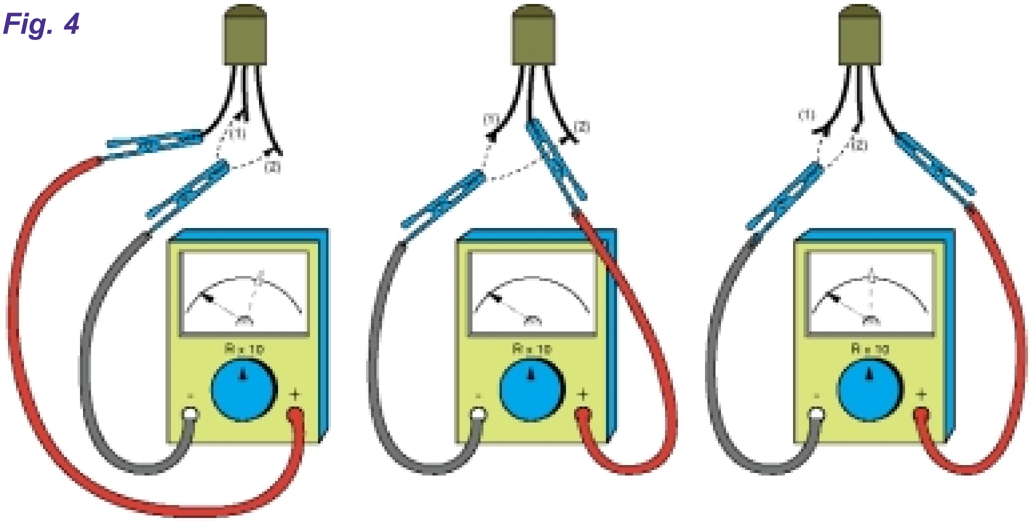

TANTO EN (1) COMO EN (2)
LA AGUJA DEFLEXIONA

Fig. 5

Fig. 4



EN (1) LA AGUJA DEFLEXIONA
EN (2) LA AGUJA NO DEFLEXIONA

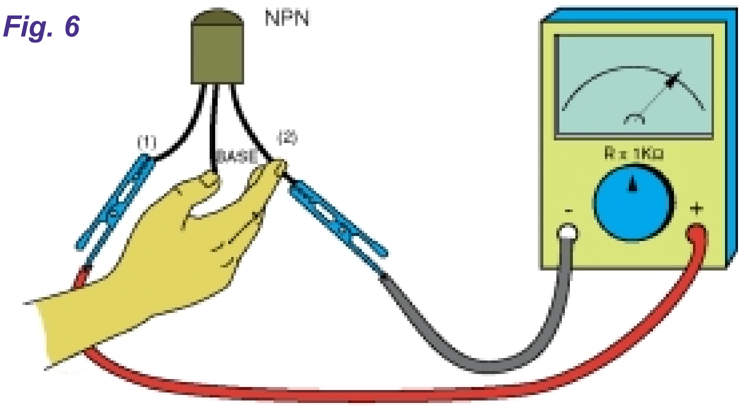
TANTO EN (1) COMO EN (2)
LA AGUJA NO DEFLEXIONA

EN (1) LA AGUJA NO DEFLEXIONA
EN (2) LA AGUJA DEFLEXIONA

ANÁLISIS DE MONTAJES ELECTRÓNICOS

El análisis de un prototipo que no funciona o que

Fig. 6



presenta un comportamiento deficiente o también de un aparato comercial que no funciona bien, es algo que muchos armadores no saben cómo hacer.

Cómo encontrar los problemas en un aparato armado? Cómo interpretar las indicaciones de un multímetro o los síntomas que se constatan y llegar a la raíz del problema? Ese es el tema que trataremos ahora en una serie de artículos en los que nos dedicaremos a circuitos típicos en los que incluiremos distintas clases de defectos mostrando lo que ocurre con las tensiones que se miden en cada caso.

Iniciamos el artículo con un circuito que es bastante común y que también, en gran parte de los casos, resulta ser el primer montaje que realiza un estudiante aficionado: un pequeño transmisor de FM (figura 7).

Es común que haya fallas en un circuito de esa clase cuando diversos problemas pueden hacer que no oscile o que lo efectúe de manera deficiente.

Es claro que el armador inexperto no siempre tiene la facilidad de descubrir con un simple análisis visual lo que está mal y no es raro que le eche la culpa a la revista o al autor del proyecto.

Tan importante como armar es saber lo que está mal en un montaje cuando el equipo no funciona.

Por eso damos, en este artículo y otros subsiguientes, informaciones de gran utilidd para la formación del técnico reparador, del técnico que logra analizar y reparar sus montajes así como los de otros.

Lo que puede estar mal

Varias son las posibilidades de error en un montaje que pueden conducir a un funcionamiento deficiente. Podemos dividir esas posibilidades en dos grupos: las que se deben al armador y las que se deben a los componentes usados.

Errores del armador:

- *Inversión de conexiones*
- *Inversión de componentes*
- *Cambio de valores*

Problemas con los componentes:

- *Componentes dañados*
- *Soldaduras frías*
- *Cortocircuitos*

NUESTRO CIRCUITO

El circuito que se propone para analizar se ve en la figura 7.

Se trata de un pequeño transmisor de FM con micrófono de electret alimentado por una tensión de 6V. Los puntos indicados son puntos de medida, en los que apoyaremos la punta de prueba roja del multímetro en la escala de tensiones hasta 6 volt.

El punto A es para la conexión de la punta de prueba negra y pasa a ser la referencia para las tensiones que se midan.

Con el circuito normal se constatan las tensiones siguientes:

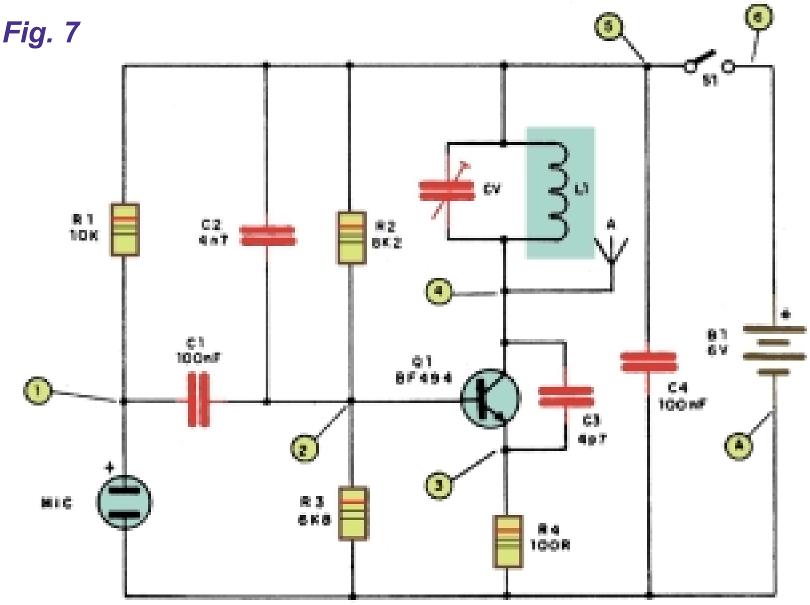
Puntos	Tensiones
1	2,95
2	1,72
3	1,14
4	5,98
5	5,98
6	5,98

Es claro que estas tensiones pueden variar hasta un 10% según la tolerancia de los componentes y las características del instrumento usado. Tomamos como base un multímetro de 10.000Ω por volt en la escala DC usada.

Podemos explicar fácilmente esas tensiones en un buen aparato. En el punto 1 tenemos la tensión de polarización del electret, que es aproximadamente la mitad de la tensión de alimentación dada por R1. El valor de R1 también puede variar bastante cuando la tensión en el micrófono quede entre 2 y 89 volt.

En el punto 2 tenemos la tensión de base del transistor oscilador que es aproximadamente

Fig. 7



0,6V mayor que la tensión del emisor constatada en el punto 3.

En los puntos 4, 5 y 6, dada la baja resistencia del bobinado de Ll, encontramos prácticamente la tensión de la fuente, o sea: cerca de 6,0V.

1er. defecto

El primer defecto que analizaremos nos lleva a la siguiente tabla de medidas:

Punto	Tensión (V)
1	2,43
2	2,18
3	1,43
4	5,98
5	5,98
6	5,98

En este caso el aparato no oscila y por consiguiente no emite señal alguna. Como podemos ver, tenemos una tensión de base del emisor anormalmente alta (puntos 2 y 3). Pero mientras su diferencia se mantenga cerca de 0,6V, significa en principio que el transistor está bien. También está bien el divisor de tensión formado por R2 y R3, lo que nos lleva a las siguientes posibilidades de falla: capacitor C2 o C3. Vea que la bobina tiene continuidad ya que la tensión en el punto 4 es igual a la de la batería. Por eliminación llegamos a C3, pues con C2 con problemas aún tendríamos oscilación, a no ser que estuviese en corto. En caso de corto la tensión en el punto 2 debería ser de 6V, lo que no sucede.

Sustituyendo C3, el aparato vuelve a funcionar normalmente. Vea que ese capacitor debe ser cerámico, de buena calidad (de placa, por ejemplo), pues la humedad o una pequeña inductancia impiden la realimentación y, por consiguiente, la oscilación. Los capacitores inductivos, como los tubulares o los de poliéster, no sirven para esta función.

2… defecto

Sin oscilación, se constatan las tensiones siguientes:

Punto	Tensión (V)
1	2,58
2	0,77
3	0,05
4	0,06
5	5,98
6	5,98

La tensión anormalmente baja del colector (4) es lo que más llama la atención. Sin duda se debe a una interrupción en la bobina o a una soldadura fría. La tensión de base del transistor, de 0,77V, indica que este componente está aparentemente bien, así como el divisor formado por R2 y R3.

Como la falta de polarización del colector no recibe la corriente principal del transistor, la tensión en el punto 3 cae prácticamente a cero. Es suficiente resoldar la bobina para que el transmisor funcione bien.

3er. defecto

Este defecto también impide la oscilación. Las tensiones medidas son:

Punto	Tensión (V)
1	2,58
2	2,69
3	2,23
4	5,98
5	5,98
6	5,98

Medimos en este caso una tensión anormalmente alta en la base del transistor.

La diferencia entre la tensión en el punto 2 y la tensión del emisor 3 es menor de 0,6V por lo que prácticamente no circula corriente entre esos dos elementos.

La tensión anormalmente alta del emisor 3 indica también que no hay pasaje de corriente por el punto a tierra (A).

Sospechamos de inmediato de R4, que puede tener mal el valor o haberse alterado aumentando o está totalmente abierta. Las tensiones de los puntos 4, 5 y 6 se mantienen normales cuando existe este defecto.

4… defecto

En este caso tampoco tenemos oscilaciones. Las tensiones medidas fueron:

Punto	Tensión (V)
1	2,56
2	0,00
3	0,00
4	5,98
5	5,98
6	5,98

Es evidente la falta de polarización de la base de Q1, ya que en el colector hay tensión y, por consiguiente, la batería está en buenas condiciones. Eso nos lleva de inmediato a R2 que está abierta. Un corto entre el emisor y la base del transistor también disminuiría esa tensión pero a un valor mayor que cero.

Otros defectos

El capacitor C2 abierto no produce muchas alteraciones en la tensión, pero disminuye el rendimiento del circuito. C1 abierto no influye en las tensiones pero produce falta de modulación (sonido).

Mediciones en Pequeños Amplificadores

Cuando se queman los transistores de salida de amplificadores de audio, el equipo "enmudece". Si bien la localización del problema es casi inmediata, la sustitución representa la mayor dificultad ya que muchas fábricas usan códigos propios para ese componente y eso impide que se identifiquen las características y, por consiguiente, el empleo de equivalentes que puedan conseguirse en el mercado con facilidad. Damos a continuación, algunos datos para sustitución de esos componentes con un buen margen de seguridad.

La mayoría de los amplificadores de audio de equipos de sonido comerciales, tales como receptores, tres en uno, etc., utilizan etapas de potencia en simetría complementaria, como la configuración que se muestra en la figura 8.

En este circuito, cada uno de los transistores de salida amplifica la mitad del ciclo de la señal, de manera que la unión posterior de las dos mitades en el altoparlante reproduce el ciclo completo. Los semiciclos positivos son conduci-

Fig. 8

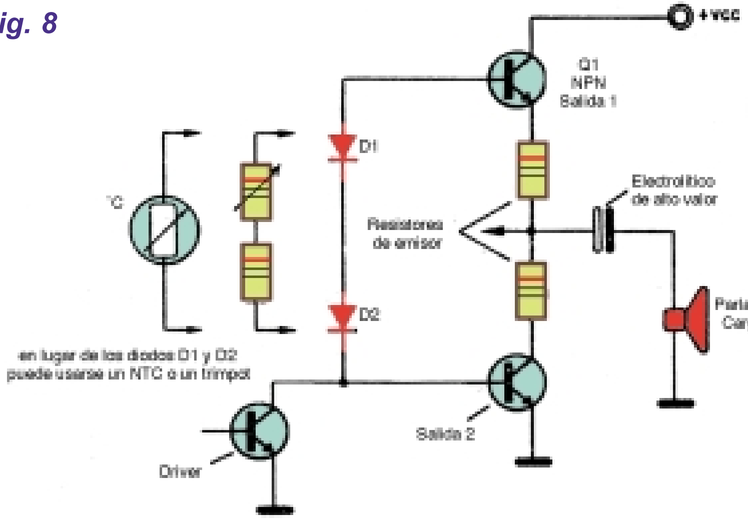

+VCC
Q1
NPN
Salida 1
D1
°C
Electrolítico
de alto valor
Resistores
de emisor
D2
Parlante
Carga
en lugar de los diodos D1 y D2
puede usarse un NTC o un trimpot
Salida 2
Driver

Fig. 9

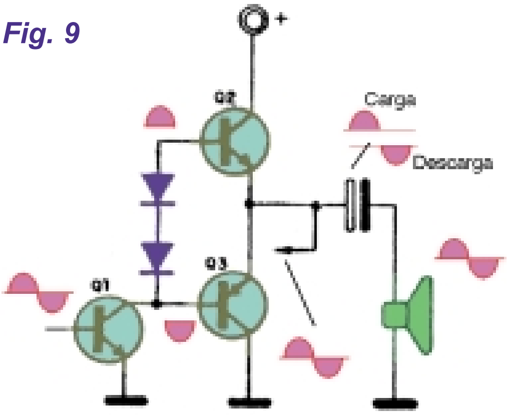
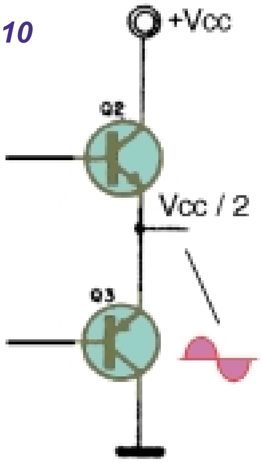

+
Q2
Carga
Descarga
Q3
Q1

Fig. 10


+Vcc
Q2
Vcc / 2
Q3

dos por uno de los transistores y los negativos por otro como muestra la figura 9.

El transistor "driver" (excitador) polariza esta etapa de modo que haya una distribución de la señal (semiciclos) entre los transistores, en forma equitativa para que en la amplificación no haya distorsión.

En los circuitos comunes, el punto de reposo, es decir, cuando no hay señal amplificada, lleva la salida a una tensión igual a la mitad de la tensión de alimentación (figura 10). En funcionamiento, esa tensión oscilará para más o para menos, según la polaridad de la señal reproducida, es decir, según que conduzca uno u otro transistor. Estos transistores de salida son justamente los que trabajan en el régimen más "pesado" en un amplificador, debiendo soportar toda la corriente especificada para la potencia máxima.

Cuanto mayor es la potencia del amplificador, mayor es la corriente máxima soportada por estos transistores.

En función de la tensión proporcionada por la fuente del amplificador y de la corriente máxima que soportan los transistores en esta etapa, el técnico puede evaluar su potencia sonora con facilidad. Y en el caso de que alguno se haya quemado puede indicar equivalentes que deberán funcionar tan bien como los originales.

SUSTITUCIÓN DEL COMPONENTE

Cuando uno de los transistores de la etapa de salida se quema (o los dos) suelen "arrastrar" también los resistores del emisor que se habrán recalentado. También es conveniente verificar el electrolítico en serie con el altoparlante para ver si el quemado no se produjo por su entrada en corto (figura 11).

Teniendo en cuenta el esquema se verifica si el transistor quemado es el NPN o el PNP y si es del tipo Darlington o común (figura 12).

En principio podemos sustituir el transistor quemado por uno del mismo tipo con la corriente máxima de colector (IC) igual o mayor.

La tensión máxima entre el colector y el emisor del sustituto (VCE máx.) debe ser igual o mayor que la del transistor sustituido.

La polaridad del transistor es muy importante pues no podemos sustituir un PNP por un NPN y la disposición de los terminales debe verificarse. Debe darse preferencia a un transistor con la misma disposición de terminales que el original, pues eso normalmente facilitará su colocación en función de la necesidad de un contacto con el disipador.

Vea que estos transistores se montan en disipadores con un aislador, como muestra la figura 13. El aislador, untado con pasta de silicona, aísla la electricidad, es decir, evita el contacto eléctrico de la aleta (conectada al colector) con el disipador pero no impide el pasaje de calor. La elección del sustituto puede ha-

Fig. 11

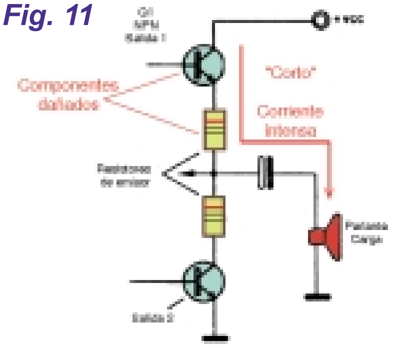

Q1
NPN
Salida 1
+VCC
Componentes
dañados
"Corto"
Corriente
intensa
Resistores
de emisor
Parlante
Carga
Salida 2

Fig. 12

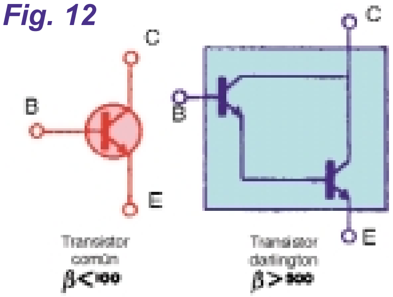
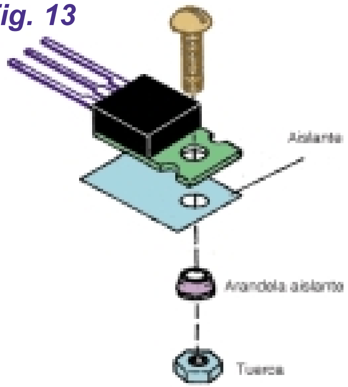

C
B
E
Transistor
común
β<100
C
B
E
Transistor
darlington
β>500

Fig. 13



cerse fácilmente a partir de las sugerencias que damos en la tabla.

EQUIVALENCIAS

Las equivalencias mostradas en la tabla 1, se dan para transistores en función de la potencia del amplificador y la tensión de la fuente.

Tabla 1

Potencia del amplificador	**NPN**	**PNP**	**Vce**
hasta 5W	BD135	BD136	45
	BD137	BD138	60
	BD139	BD140	80
de 5 a 10 watts	BD233	BD234	45
	BD329	BD330	20
	TIP29	TIP30	40
de 10 a 15 watts	BD433	BD434	22
	BD435	BD436	32
	BD437	BD438	45
de 15 a 25 watts	BD675	BD676	45(D)
	TIP31	TIP32	40
	BD677	BD678	60(D)
	TIP41	TIP42	40

(D) Darlington
Los valores dados son por canal.
Para potencias mayores siempre es aconsejable usar los originales.

Mediciones que Requieren Precisión

El potenciómetro es un instrumento para la medida de fuerzas electromotrices desconocidas o de una diferencia de potencial comparada en un todo o en parte con una diferencia de potencial conocida, producida por el flujo de una corriente conocida en una red circuital de características conocidas.

Básicamente están constituidos por divisores resistivos de tensión y una tensión estable y conocida con precisión, la que está dada por una pila patrón.

Veamos un circuito simple, fig. 1, se logra la compensación cuando un galvanómetro conectado en el circuito del elemento E no da desviación alguna.

Entonces la f.e.m. del elemento compensado es igual a la tensión U entre los puntos A y B. Si R es la resistencia existente entre dichos puntos, e **I** la intensidad de la corriente, se sigue IR = E (en volt).

Ahora bien, esta ecuación puede aprovecharse de diversos modos, por ejemplo, partiendo de E y R, se podría determinar la intensidad I, es decir: podría aprovecharse la conexión para contrastar un amperímetro, o bien, midiendo I y R determinar E.

Sin embargo, en la medida de fuerzas electromotrices se procede generalmente así: se conectan sucesivamente el elemento a estudiar E y el normal de f.e.m. E, y se compensan.

Entonces se obtienen dos ecuaciones:

$$Ex = Ix \,.\, Rx \text{ y } En = In \,.\, Rn$$

de las cuales se deduce:

$$\frac{Ex}{En} = \frac{Ix \,.\, Rx}{In \,.\, Rn}$$

En la práctica se deja I o R constante durante las dos compensaciones y entonces se tiene:

Fig. 1

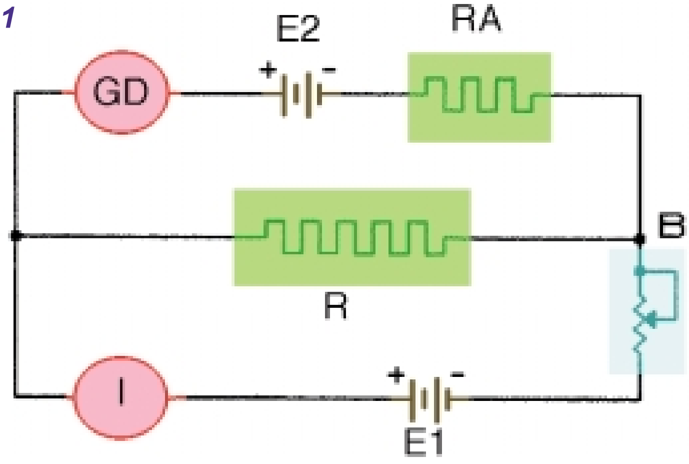
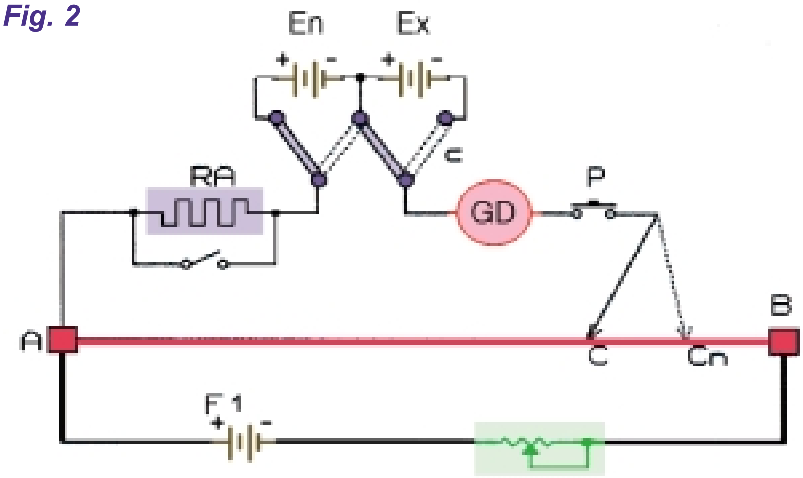


Fig. 2



$$\frac{Ex}{En} = \frac{Rx}{Rn}$$

también:

$$\frac{Ex}{En} = \frac{Ix}{In}$$

En el primer supuesto está fundado el método de compensación de Dubois-Reymond y en el segundo, el de Poggendorf.

Finalmente, ambos métodos pueden emplearse sucesivamente en una misma medida, como se hace con los aparatos de compensación.

MÉTODO DE COMPENSACIÓN DE DUBOIS-REYMOND

Los dos elementos, E y E, variando la resistencia colocada entre los puntos de derivación y dejando constante la intensidad I de la corriente, deben compensarse uno después del otro.

Al variar la resistencia R no debe introducirse variación alguna en la resistencia total del circuito A E B A, fig. 2. El modo más cómodo para conseguir eso es efectuar la medición con un puente de hilo, suponiendo que el punto de corredera sea el punto de derivación.

Desplazando el contacto varía la resistencia R, sin variar la resistencia total. Según lo dicho, se conectará un elemento constante E, normalmente un acumulador, a los extremos del hilo calibrado, y se conecta el elemento a medir E o el normal E entre uno de los extremos del hilo y el contacto de corredera C.

En el circuito de compensación se conecta, además, un galvanómetro GD y una resistencia de protección RA; desplazando el contacto C, los dos elementos se compensan.

El cambio de E por E puede conseguirse por medio de un conmutador c. La corriente I, que pasa por el hilo en las dos posiciones del contacto, correspondientes a las dos compensaciones, debe ser la misma, porque las lecturas se hacen solamente cuando por el galvanómetro no pasa corriente.

Según lo dicho anteriormente, las dos fuerzas electromotrices E y E son proporcionales a las resistencias r y R, comprendidas entre los puntos de derivación A y C o C, respectivamente; por tanto:

$$\frac{Ex}{En} = \frac{Rx}{Rn}$$

Si el contacto C se encuentra después de la primera compensación en la división 1, y después de la segunda, en la 1, las resistencias R y R, comprendidas entre los puntos de derivación, serán proporcionales a las longitudes del hilo 1 y 1, es decir:

$$\frac{Rx}{Rn} = \frac{1x}{1n}$$

y, por consiguiente, se tendrá también,

$$\frac{Ex}{En} = \frac{Ix}{In}$$

o sea:

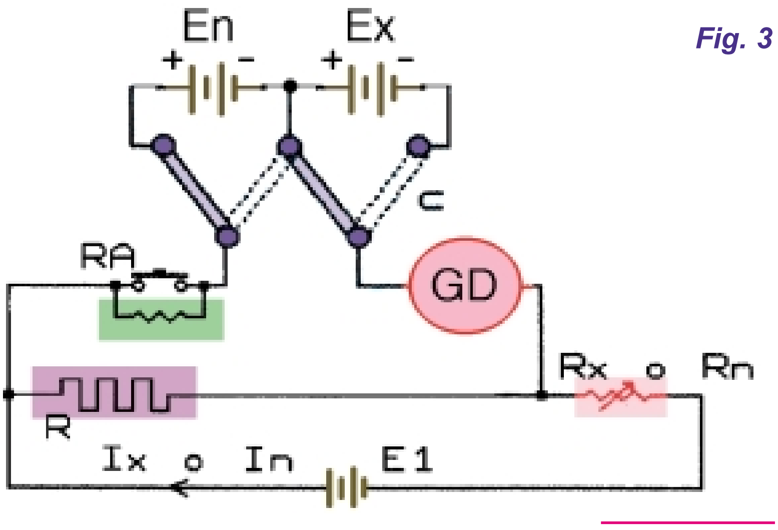
$$Ex = \frac{Ix}{In} \,.\, En$$

En este método, ni la resistencia interna del acumulador E, ni 1 de las conexiones tienen influencia alguna, ya que intervienen en las fórmulas.

Supongamos que tenemos una pila patrón de 1,01874V, y en las medidas se ha encontrado que 1 = 84 cm y que 1 = 62 cm. Aplicando la última fórmula tenemos:

$$Ex = \frac{84}{62} \,.\, 1{,}01874 = 1{,}38023V$$

Fig. 3



MÉTODO DE COMPENSACIÓN DE POGGENDORF

En este método se deja invariable la resistencia R entre los puntos de derivación y la compensación se efectúa variando la intensidad de la corriente.

Para ello se conecta entre dichos puntos una resistencia cuyo valor simplifique los cálculos, por ej. de 1.000 ohm y en el circuito del acumulador una caja de resistencias de precisión (vea la figura 3 de la página anterior). Al compensar el elemento normal En, la resistencia que se encuentra en el circuito principal será:

$$In = \frac{E1}{Rn + R} = \frac{En}{R}$$

Al compensar E se ha obtenido una resistencia r; conservando la misma resistencia r de antes, se tendrá:

$$Ix = \frac{E1}{Rx + R} = \frac{En}{R}$$

Dividiendo ambas ecuaciones obtenemos:

$$\frac{1x}{In} = \frac{Rn + R}{Rx + R} = \frac{Ex}{En}$$

de donde deducimos:

$$Ex = \frac{Rn + R}{Rx + R} \,.\, En \text{ (volt)}$$

Los resultados obtenidos por este procedimiento no son independientes de la resistencia del acumulador E ni de las conexiones, porque ellas se encuentran incluidas en Rn y R. Sin embargo, cuanto mayor sea el valor de R, tanto mayores habrá que hacer que sean los valores de Rn y R. Si éstos son lo bastante grandes, en comparación con los de aquellas resistencias, puede despreciarse su influencia.

Estos métodos también pueden utilizarse en la medida de corriente continua y de resistencias. En el caso de corriente lo que se hace es medir la caída de tensión sobre una resistencia de bajo valor y de valor conocido con exactitud. Fig. 4.

Fig. 4

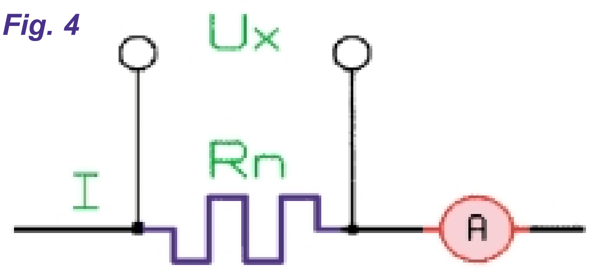
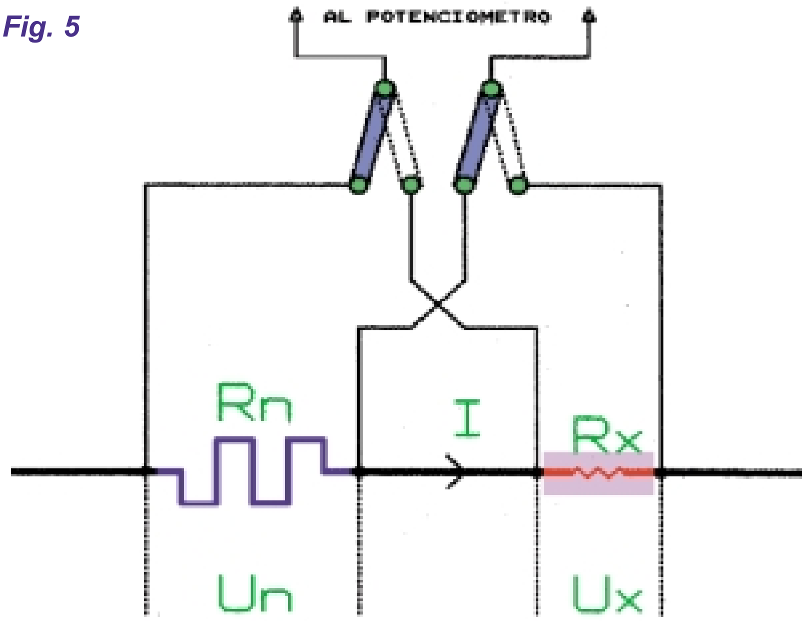


Fig. 5



Las medidas de resistencia se efectúan por comparación de tensiones, medidas con el potenciómetro. Fig. 5. La resistencia a medir se conecta en serie con una resistencia normal R, del mismo orden de magnitud y se envía por ambas una corriente de intensidad I adecuada.

Medimos con el potenciómetro, la caída de tensión sobre cada una y obtenemos:

$$U = IR \text{ y } U = IR$$

Dividiendo ordenadamente, deducimos:

$$\frac{Ux}{Un} = \frac{Rx}{Rn}$$

o sea

$$Rx = \frac{Ux}{Un} \,.\, Rn$$

Como elemento indicador de equilibrio es necesario usar instrumentos de bobina móvil de muy alta sensibilidad; para ello se utilizan imanes muy potentes y bobinas móviles, suspendidas por medio de cinta tensa, para eliminar la fricción de los pivotes. Además, en muchos casos se obtiene un aumento muy grande de la sensibilidad, si se reemplaza la aguja por un pequeño espejo, sobre el cual se proyecta un haz de luz, el que se refleja sobre una escala translúcida. Esto es equivalente a una aguja de más de un metro de longitud.

Si bien no es probable que nos encontremos con estos tipos de instrumentos de medición, y a pesar de ser métodos desarrollados hace muchos años, estos aparatos aún se encuentran en uso en los laboratorios de grandes empresas y, si bien hoy es posible conseguir voltímetros digitales de seis cifras o siete, debemos tener en cuenta que no existe otra posibilidad que el potenciómetro y la pila patrón para su calibración.

Dispositivos Electrónicos de Memoria

Dispositivos de Memoria

A los elementos que permiten retener información para su posterior uso o reproducción, se les llama “dispositivos de memoria”. En este sentido, cualquier medio que permita registrar información, como una hoja de papel, una tarjeta perforada, una cinta magnética, un disco compacto o un circuito electrónico son, por ese hecho, dispositivos de memoria.

En la tecnología electrónica, los dispositivos de memoria se pueden clasificar en dos grupos:

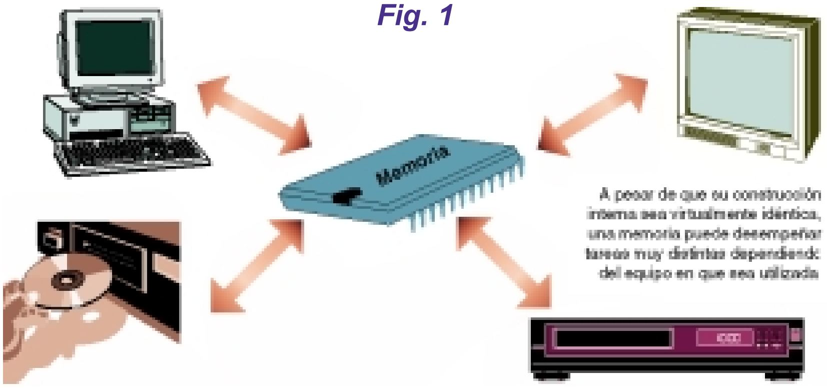
1) Los que se utilizan para grabar y reproducir información de uso final.
2) Los que se emplean para grabar y reproducir información de uso intermedio.

En el primer grupo encontramos al disco compacto de audio digital, al CD-ROM, a los videocassettes en sus diversas modalidades, al disco láser de video, etc. En el segundo grupo se incluyen a las memorias electrónicas en circuito integrado, a los discos duros de computadora, etc.

Y aunque ésta no es una clasificación muy técnica, la empleamos para distinguir entre el tipo de información de usuario propiamente dicha, de la información que se utiliza para apoyar la operación de sistemas electrónicos que procesan datos para un determinado fin. Por ejemplo, es distinta la información musical que se graba en un CD, de la información correspondiente al sistema operativo que se almacena en los circuitos de memoria RAM de una computadora, aunque en ambos casos se trate de datos en forma de bits.

Desde esta perspectiva, podríamos comparar a los dispositivos que se emplean para grabar y reproducir información de uso intermedio, con aquellas porciones del cerebro humano que almacenan los recuerdos u otros datos que le permiten a este órgano vital tomar decisiones.

Fig. 1



A pesar de que su construcción interna sea virtualmente idéntica, una memoria puede desempeñar tareas muy distintas dependiendo del equipo en que sea utilizada

Aplicaciones de los Circuitos Digitales de Memoria

En la electrónica moderna, los circuitos de memoria cada vez tienen mayor presencia. Se los aplica en computadoras, televisores, videograbadoras, reproductores de CD, videojuegos, e incluso en lavadoras automáticas, calculadoras de bolsillo y relojes de cuarzo. Su función consiste en almacenar instrucciones, operaciones, resultados de operaciones aritméticas y lógicas, etc., ya sea de manera temporal o definitiva, para luego reutilizar esta información en la ejecución de alguna instrucción subsecuente. Fundamentalmente, la aplicación de circuitos de memoria tiene que ver con sistemas electrónicos donde se procesan datos, se toman decisiones lógicas, se lleva un control de determinados eventos, se guarda cierto ***estado de las cosas*** como referencia futura, etc. Es decir, se emplean en registros de control y de almacenamiento que apoyan el funcionamiento de circuitos y subsistemas específicos en computadoras, audio, video, sistemas de control, etc. (figura 1).

Nota Histórica

El surgimiento de los dispositivos de memoria está íntimamente ligado al desarrollo de los sistemas de cómputo, aunque el primer elemento de memoria conocido tenía más bien una función de control; nos referimos a las tarjetas de madera perforadas, un invento del francés J. Marie Jacquard que permitía controlar el patrón de tejido de los telares mecánicos, y el cual data de 1805.

A finales del siglo XIX, el norteamericano Hermann Hollerith aprovechó el principio de tarjetas perforadas para manejar las cifras del censo de Estados Unidos de 1890, tarea que pudo llevar a cabo en tan sólo dos años y medio, cuando antes tomaba ocho o más años. Con el paso del tiempo, Hollerith participó en la creación de la *Computing Tabulating Recording Company*, empresa que en 1957 dio origen a la *International Business Machines Corporation*, mejor conocida por sus siglas: IBM.

A principios del siglo XX se desarrollaron las primeras calculadoras eléctricas, cuya operación se basaba en la apertura y cierre de un gran número de relevadores, cada uno de los cuales funcionando como unidad de memoria de un dato elemental. Ya en los años 40’s, con la aparición de la ENIAC, la primera computadora completamente electrónica, surgieron las primeras memorias construidas con válvulas de vacío (bulbos). Pero como la información almacenada se perdía irremediablemente en cuanto se apagaba la máquina, los da-

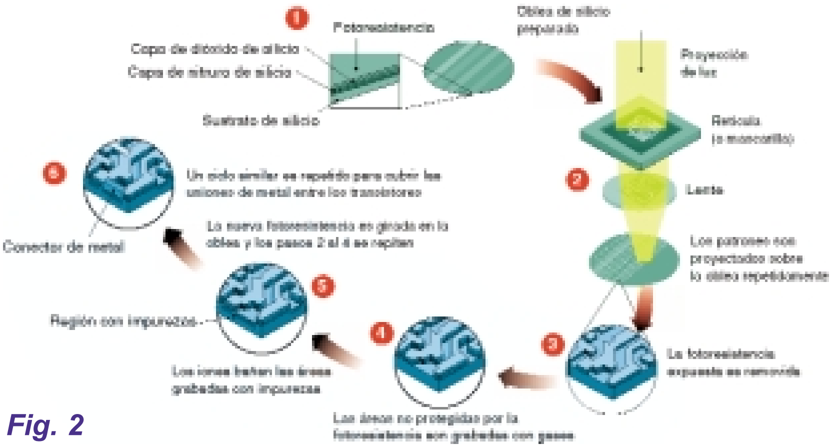

1
Fotorresistencia
Capa de dióxido de silicio
Capa de nitruro de silicio
Sustrato de silicio
Oblea de silicio preparada
Proyección de luz
Retícula (o mascarilla)
2
Lente
Los patrones son proyectados sobre la oblea repetidamente
3
La fotorresistencia expuesta es removida
4
Las áreas no protegidas por la fotorresistencia son grabadas con gases
Los iones bañan las áreas grabadas con impurezas
5
Región con impurezas
La nueva fotorresistencia es girada en la oblea y los pasos 2 al 4 se repiten
6
Un ciclo similar se repetirá para cubrir las uniones de metal entre los transistores
Conector de metal

Fig. 2

tos se almacenaban en una cinta perforada de papel como un medio de memoria permanente.

Es importante mencionar que los dispositivos de memoria tuvieron un impulso en su desarrollo, precisamente en los años 40's, cuando se sentó el modelo teórico en el que se basarían los diseños de las computadoras. En efecto, en 1944 John Von Neumann propuso la idea de introducir en la memoria de trabajo de la máquina tanto el programa a ejecutar como los datos a procesar. Desarrollos posteriores permitieron diseñar memorias más **compactas**, como la de anillos magnéticos, basada en una red de conductores eléctricos en forma de matriz, con sendos anillos de material ferromagnético en cada unión. Sin embargo, fue con el advenimiento de los transistores que se pudo diseñar una nueva generación de memorias electrónicas, significativamente más pequeñas, con una mayor velocidad de respuesta y una operación general mucho más confiable.

A fines de los años 50's, con el desarrollo de la tecnología planar por parte de la compañía Fairchild, fabricante de semiconductores, surgieron los primeros circuitos integrados, en los cuales se **empaquetó** una gran cantidad de componentes en una sola pastilla de silicio con un encapsulado sencillo.

Las capacidades actuales de los circuitos de memoria son realmente sorprendentes; por ejemplo, se han anunciado ***chips*** capaces de almacenar hasta 16 millones de bytes, lo que significa que un módulo de 32MB de RAM se podría construir con tan sólo dos de estos integrados; y todo parece indicar que los desarrollos en este campo seguirán por tiempo indefinido.

Técnicas de Fabricación de las Memorias Digitales

Las técnicas de fabricación de las memorias digitales, no difieren sensiblemente de las que se utilizan en cualquier otro circuito integrado, incluidos los modernos microprocesadores. En efecto, se utiliza tecnología MOS grabando millones de minúsculos transistores en grandes obleas de silicio, utilizando para ello métodos de fotograbado muy similares a los de la litografía (figura 2). Esto ha permitido la fabricación de memorias de capacidad creciente sin que por ello su costo se incremente (al contrario, tiende a disminuir considerablemente); por lo tanto, en la actualidad podemos hablar fácilmente de sistemas de cómputo que poseen varios millones de bytes de memoria instalada sin que eso implique un precio excesivo.

Cómo Trabaja una Memoria Digital

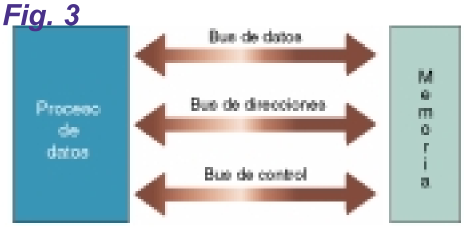
Una memoria digital es un dispositivo que almacena estados lógicos, es decir, 1's y 0's. Para ello, requiere de un sistema de entrada de datos, un sistema de direccionamiento de los datos hacia localidades de memoria específicas y un método para recuperar o dar lectura a la información ya grabada. Para llevar a cabo estas funciones, es necesaria la presencia de tres buses independientes, pero que interactúen estrechamente entre sí: el bus de datos, el de direcciones y el de control. Vea en la figura 3 una explicación gráfica de para qué sirve cada uno de ellos.

Por ejemplo para guardar un dato específico en una memoria, la información correspondiente se coloca en el bus de datos, mientras que en el de direcciones se identifica la casilla específica donde será almacenada dicha información; por su parte, en el bus de control se indica qué se va a hacer con ese dato (guardarlo, dejarlo pasar, etc.) Una vez almacenada la información, ésta permanece en dicha localidad de memoria tanto tiempo como esté energizado el sistema, y si en un momento dado se desea leer los datos, simplemente en el bus de control se envía una orden de lectura, en el de direcciones la ubicación de la casilla de interés, y la memoria coloca su información en el bus de datos. Este proceso puede repetirse millones de veces por segundo.

Memorias de la Familia ROM

Las primeras memorias semiconductoras que se utilizaron fueron del tipo ***ROM (Read Only Memory o memoria de sólo lectura)***. Como su nombre lo indica, estos

Fig. 3


Proceso de datos
Bus de datos
Bus de direcciones
Bus de control
Memoria

Todo sistema que se apoye en memorias digitales debe poseer por lo menos tres tipos de buses:

1) De datos, donde circula toda la información que se lee o escribe en la memoria.
2) De direcciones, que indica el lugar exacto donde se va a guardar o leer un dato.
3) De control, que indica qué se va a hacer en un momento determinado: una lectura, una escritura, una transferencia, etc.

Una memoria ROM de tres palabras de cinco bits cada una, usando conexiones de diodos entre las direcciones y las líneas de bits.

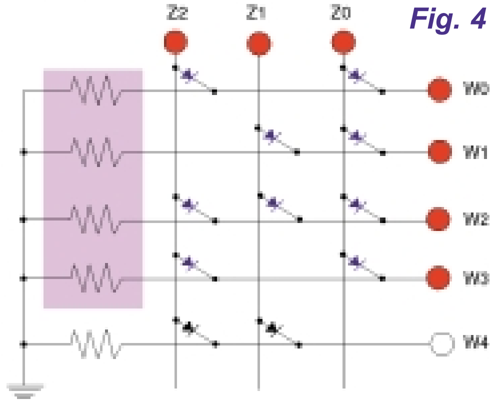


Fig. 4

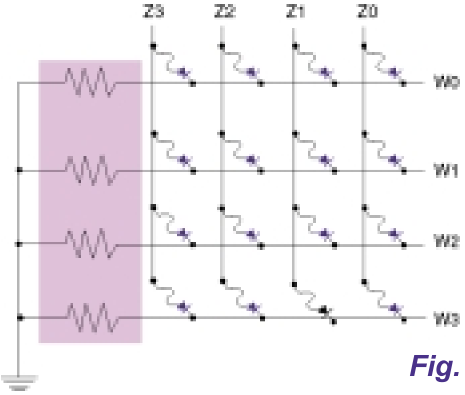


Fig. 5

dispositivos se diseñaron para almacenar datos que sólo pueden ser leídos por el usuario, pero no modificados, lo cual resulta de gran utilidad en aparatos que siempre trabajan con las mismas rutinas o principios; de esta manera, el programa requerido para la operación de los circuitos involucrados, se graba en una ROM para que el microprocesador lo ejecute sin variaciones.

A su vez, dentro de la familia de memorias ROM se encuentran varias categorías. ROM, PROM, EEPROM y UV-EPROM.

Memorias ROM

Estrictamente hablando, éstas fueron las ROM originales. Su característica principal es que la información queda grabada por medios físicos en la pastilla de silicio (por lo general, en forma de un diodo conectado a un par de líneas cruzadas).

En la figura 4 se muestra la configuración básica de este elemento de memoria; observe que se trata de un arreglo resistencia-diodo en el que se almacena un dato, consistente de una tensión alta o baja (bit), dependiendo de si existe o no un diodo entre ambas líneas.

Memorias PROM

En este tipo de memorias se utiliza una configuración similar a la anterior (resistencias y diodos), con la diferencia de que todos los diodos tienen asociado un fusible, el cual puede ser fundido mediante pulsos eléctricos en las celdas convenientes, para definir el arreglo de unos y ceros correspondientes a la información que va a ser almacenada. Ver figura 5.

Por esta capacidad de ***programación***, a tales elementos se les conoce con el nombre de ***PROM (Programmable Read Only Memory o memoria de sólo lectura programable)***. Y no obstante que ofrecen un cierto grado de flexibilidad, una vez que estas memorias son ***programadas*** su información ya es permanente, quedando como una ROM convencional, lo cual es una desventaja cuando llega a cometerse algún error en el programa o llega a requerirse determinado cambio funcional, puesto que el circuito ya no puede reutilizarse.

Memorias EEPROM

El siguiente paso en el desarrollo de las memorias digitales, fue un elemento capaz de ser programado por el usuario, pero con la posibilidad de modificaciones posteriores en la información almacenada. A dicho elemento se le llamó ***EEPROM, por las siglas de Electrically Eraseable PROM, o PROM*** borrable eléctricamente. Como su nombre lo indica, este tipo de memorias están constituidas por celdas cuya información digital puede ser grabada o borrada por el usuario mediante un pulso de tensión de características adecuadas, lo cual es una gran ventaja en actividades diversas donde se requiere hacer cambios en los datos o en los programas de trabajo.

Memorias UV-EPROM

El desarrollo más reciente en el terreno de las memorias digitales de la familia ROM, es un circuito capaz de ser programado y posteriormente borrado con extrema facilidad, pero no mediante un pulso eléctrico (lo cual en ocasiones llega a destruir algunas celdas, dejando inutilizado por completo al *chip*), sino mediante una radiación intensa de luz ultravioleta, de ahí precisamente el nombre de ***UV-EPROM (Ultra-Violet Erasable PROM o PROM borrable por ultravioleta)***.

Este tipo de memorias son las más empleadas actualmente en aplicaciones donde se requiere un dispositivo de sólo lectura, pero lo suficientemente flexible como para poder ser modificado el programa o los datos contenidos. Usted las puede identificar por una ***ventana*** en la parte superior, justamente por donde se expone al ***chip*** a las emisiones ultravioleta cuando va a ser borrada.

MEMORIAS DE LA FAMILIA RAM

Las memorias ROM satisfacen una buena parte de las necesidades de tipo informático y electrónico, pero no todas, especialmente aquéllas en las que se requiere almacenar datos o un programa de manera temporal. Precisamente, las memorias que cubren esta necesidad son las ***RAM (Random Access Memory o memoria de acceso aleatorio),*** de las cuales existen diversas categorías, a saber: SRAM, DRAM, VRAM y NOVRAM.

En una memoria RAM es posible escribir, leer, modificar y borrar información cuantas veces se requiera, sin necesidad de recurrir a técnicas especiales y en ***tiempo real***, o sea, sin tener que retirar el circuito para volverlo a programar, como sucede con las ROM. La única desventaja derivada de su propia flexibilidad, es que sólo puede servir de almacén de datos binarios si se encuentra energizada (con su tensión de alimentación convenientemente aplicado), de tal manera que si se produce un fallo de energía la información se pierde irremediablemente, lo que no pasa con las ROM.

Memorias SRAM

SRAM corresponde a las siglas de ***Static RAM o RAM estática***. Este es un tipo de memoria que almacena la información suministrada durante todo el tiempo de operación del sistema, sin necesidad de confirmación o refrescamiento de ella. Este tipo de memorias se utiliza en muy diversas aplicaciones, sobre todo aquellas en las que la falta de energía o la rapidez de respuesta sean factores críticos (las memorias tipo SRAM son significativamente más rápidas que las DRAM).

Memorias DRAM

DRAM corresponde a las siglas de ***Dinamic RAM o RAM dinámica.*** Es un tipo de memoria que comparte muchas características con la SRAM, aunque en este caso sí se requieren pulsos de ***refresco*** para confirmar constantemente la información almacenada en sus celdas.

La característica principal de estas memorias es, además de su necesidad de pulsos de ***refresco***, su baja necesidad de transistores para construirlas; sólo como referencia, para almacenar un solo bit con una memoria tipo SRAM es necesario utilizar seis transistores, mientras que para guardar el mismo bit en una memoria tipo DRAM sólo se necesita un transistor; por tal razón, este tipo de memoria RAM es la más empleada en aplicaciones donde se requieran cantidades significativas de memoria.

Memorias VRAM

VRAM corresponde a las siglas de ***Video RAM o RAM de video***. Es un tipo de memoria que trabaja de manera idéntica a las memorias DRAM, con la diferencia de que en lugar de utilizar un solo bus para la escritura y lectura de datos (a fin de ahorrar costos de encapsulado) disponen de un bus exclusivo para los datos de entrada y otro para los de salida, permitiendo así que una porción de la memoria realice la función de lectura al tiempo que otra lleva a cabo la función de escritura.

Este tipo de memorias se utilizan especialmente en computadoras y otros sistemas donde es necesario el manejo de video digitalizado, ya que en dichas funciones se requiere una alta velocidad en la transmisión de datos; y como es muy costosa la fabricación de memorias convencionales capaces de trabajar a tales velocidades, los diseñadores prefieren aprovechar el recurso de doble bus.

Memorias NOVRAM

NOVRAM corresponde a las siglas de ***No-Volatile RAM o RAM no volátil.*** Su principal característica es que combinan el comportamiento dinámico de una RAM con la rigidez eléctrica de una ROM; esto es, ofrecen la función de escritura con la posibilidad de retener la información almacenada una vez que es suspendido el suministro de energía eléctrica, con la opción posterior de modificar los datos una y otra vez. Este tipo de memorias se utilizan en muchos aparatos electrónicos de consumo, tal es el caso de algunas marcas y modelos de televisores, que a pesar de permanecer apagados y desconectados por un tiempo prolongado, al conectarlos y encenderlos nuevamente ***recuerdan*** el canal en que estaban sintonizados y el volumen final al que se apagó el aparato. Esto se logra guardando toda esta información precisamente en una memoria NOVRAM.

Memorias en Equipos de Audio y Video

Todos los equipos modernos de audio y video incluyen sistemas digitales, ya sea para el control de funciones, la activación de bloques de circuitos o para el movimiento de mecanismos complejos, etc. A su vez, como base de los microcontroladores, están los circuitos de memoria, que pueden estar interconstruidos en el propio microcontrolador o alojados de manera externa.

En audio y video, el uso de memorias tanto del tipo ROM como del tipo RAM es intensivo. Las primeras almacenan información que nunca varía, mientras que en las del segundo tipo se almacenan datos que, por su naturaleza, deben variar; por ejemplo, *¿cómo es que un radio digital recuerda la última estación en que estaba sintonizada al momento de apagar el aparato?*

Esto se logra precisamente por el uso de memorias RAM que graban los datos de la estación sintonizada, para lo cual una batería o condensador de respaldo la mantiene alimentada mientras el equipo esté apagado. Por lo tanto, cuando nos enfrentemos a un radio, un televisor o cualquier otro aparato que cada vez que es apagado ***olvida*** la información previa, lo más probable es que se trate de algún problema en el dispositivo de respaldo a la alimentación de la memoria RAM.

Pero existen casos especiales que deben mencionarse, debido a que se han convertido en un problema para muchos técnicos en electrónica.

Quien se dedica a esta actividad, seguramente ya está familiarizado con la nueva generación de televisores, videograbadoras y equipos modulares, en los que se les han eliminado por completo los tradicionales ajustes por potenciómetros, reemplazándolos por ajustes digitales realizados ya sea con el control remoto o con el teclado del panel frontal.

Pues bien, todos estos ajustes suelen almacenarse en una memoria del tipo ***EEPROM***, en la que se graba un nuevo valor que cada vez que se modifica un ajuste, información que permanece aun si se apaga el equipo o es desconectado de la línea de alimentación. Sin embargo, en el caso de los televisores, como se manejan altas tensiones, este tipo de memorias con frecuencia resultan dañadas, perdiendo su información o modificando algún parámetro fuera de sus límites de operación normal.

MEMORIAS EN COMPUTADORAS PC

Por su función en una computadora PC, los tipos de memoria que podemos encontrar son:

RAM

Siempre que se habla genéricamente de la memoria RAM de un sistema, se está hablando específicamente de aquella memoria que será utilizada como medio de almacenamiento temporal principal para el microprocesador. Es decir, el lugar donde las aplicaciones y los archivos de trabajo se cargan desde disco duro y quedan a disposición del CPU para su utilización inmediata. A este tipo de memoria también se le llama DRAM o RAM dinámica, debido a que para mantener su información por períodos prolongados de tiempo, es necesario aplicar unos pulsos de **refresco** periódicamente, ya que de lo contrario los bits se desvanecerían.

Caché

Se llama así a un pequeño bloque de memoria de rápido acceso, que sirve como **puente** entre una memoria RAM lenta y un microprocesador rápido. Esta memoria es muy costosa, y de forma típica un sistema tiene tan sólo entre 256 y 512kB de caché. A este tipo de memoria también se le denomina SRAM, siglas de *Static RAM* o RAM estática; y su diferencia principal con la RAM común es que esta memoria no necesita de pulsos de refresco periódicos para mantener su información.

ROM

Memoria de sólo lectura, donde se almacenan las rutinas básicas de entrada y salida (el BIOS), además de las pruebas y códigos POST. La característica principal de este tipo de memoria es que pueden mantener por tiempo indefinido una información, incluso después de que se ha retirado la alimentación al sistema; lo cual la hace idónea para guardar información que por su naturaleza no precise cambios.

Memoria Flash

Este es un nuevo desarrollo que ha permitido la producción de una memoria que para fines prácticos se comporta como una RAM y una ROM al mismo tiempo; esto es, puede variarse la información que contiene, pero es capaz de mantenerla incluso cuando se ha retirado la alimentación al sistema.

CMOS-RAM

Se trata de un tipo de memoria RAM construida con una tecnología especial, típica por su bajísimo consumo de potencia. Este bloque se añadió a la plataforma PC a partir del estándar AT, donde se introdujo un reloj de tiempo real, además de la utilería de ***Setup*** o configuración, la cual también debe mantenerse al cortar la alimentación. Esta memoria se mantiene con energía de forma permanente gracias a una pequeña batería recargable o a una pila de litio, que le envía energía mientras la computadora está apagada.

Memoria de video

Desde la aparición del estándar VGA, fue necesario incorporar a la tarjeta encargada del despliegue una cierta cantidad de RAM, para facilitar el manejo de los gráficos en el monitor, al tiempo que se descarga a la memoria principal del trabajo de manejar los datos de video. Esta memoria se encuentra adosada en la tarjeta respectiva, y de forma típica encontramos desde 256kB hasta las modernas tarjetas con 2,4MB o más de RAM de video.

Scorpion 2: Microtransmisor de FM de Gran Alcance

Son muy conocidos los circuitos transmisores de FM de reducido tamaño, utilizados como elementos de vigilancia (espía), los cuales deben tener un alcance considerable y estabilidad en frecuencia aceptable. Sin embargo, estos dispositivos suelen emplear circuitos integrados que a veces no son fáciles de conseguir. Presentamos un transmisor que combina las características del Scorpion, publicado en la revista Saber Electrónica Nº 1, con las del Tx de FM de Saber Electrónica Nº 102, lo que da como resultado un aparato confiable y de bastante buena estabilidad, con un alcance promedio de 70 metros.

En la revista Saber Electrónica Nº 1 se publicó el microtransmisor ***Scorpion***, un circuito que puede armarse dentro de una caja de fósforos y que tiene un alcance de unos 50 metros. Luego, en Saber Nº 102 dimos el circuito de

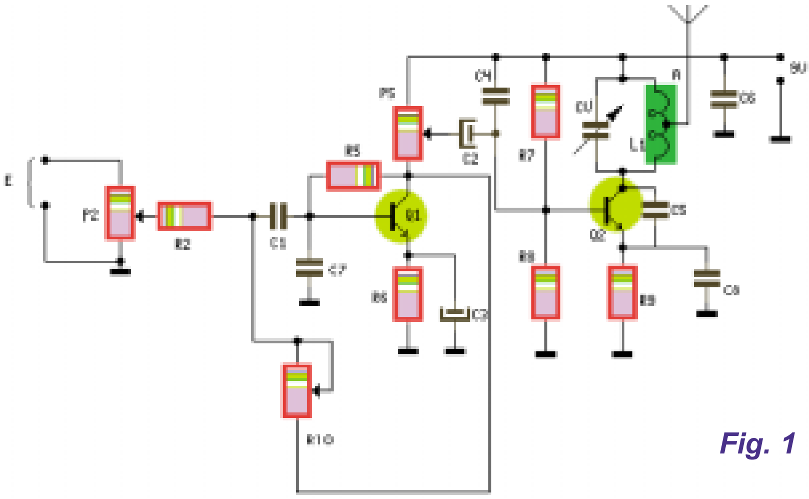


Fig. 1

un transmisor que puede ser empleado en conferencias, como micrófono sin cables con etapa mezcladora.

En este tomo brindamos el esquemático de un micrófono de FM que pueda transmitir a distancia diferentes fuentes de señal, como si fueran varios micrófonos direccionales, cercanos a nuestro microtransmisor, que apuntan a diferentes ángulos con el objeto de cubrir los ***360ß de una habitaci n .***

El circuito es muy sencillo y puede incluir más fuentes de señal. Sólo basta con ampliar el esquema de la figura 1, con el agregado de tantos conectores, potenciómetros y resistencias como sean necesarias (siempre respetando el esquema propuesto).

La bobina L1 consiste en 4 espiras de alambre esmaltado de 0,5 mm de diámetro, bobinadas sobre una forma de 1 cm sin núcleo.

El trimer Cv puede tener capacidades máximas comprendidas entre 30 y 80pF (trimer común).

El potenciómetro conectado en el colector de Q1 permite ajustar el nivel de modulación, en función de las fuentes de señal. Dicho componente debe ajustarse para que no existan distorsiones e interferencias que puedan perjudicar la calidad de la transmisión.

Por otra parte, el potenciómetro conectado entre colector de Q1 y la etapa mezcladora, permite regular el nivel de realimentación con el objeto de asegurar una oscilación estable para la frecuencia con que se ajuste el transmisor.

Cabe aclarar que este circuito fue probado en toda la banda de FM comercial, para obtener el mejor desempeño en frecuencias cercanas a los 85MHz. Para frecuencias del orden de los 100MHz, la mejor estabilidad se consiguió cuando la bobina L1 tenía 3 vueltas y media bobinadas sobre una forma de cartón de 1 cm de diámetro (en realidad sin forma) con una longitud total de 7 mm.

Si la transmisión es ***ruidosa ,*** conviene retocar el valor de C7, se colocará, en su lugar, otro componente de 22nF.

El funcionamiento del circuito es sencillo; las diferentes fuentes de señal se aplican a la base del transistor Q1 con un nivel que puede ajustarse por medio de cada potenciómetro de entrada.

Q1 cumple la función de amplificar y ecualizar las señales entrantes para ser aplicadas al transistor BF494B que cumple la función de generar la portadora que será modulada en FM por la información. Dicho transistor cumple las funciones combinadas de modulador y amplificador de RF.

Si posee dificultades en conseguir una oscilación estable, puede bajar el valor de C8 e, incluso, retirarlo del circuito.

Construido el aparato, se debe colocar una antena formada por un cable de unos 10 cm de largo y se debe proceder al ajuste, se variará la posición de Cv hasta captar la señal en un sintonizador, en la frecuencia.

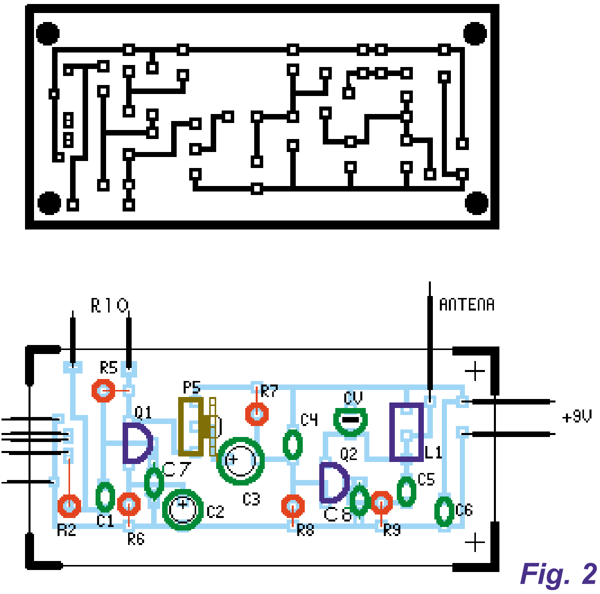


Fig. 2

LISTA DE MATERIALES

Q1 - BC548C - Transistor NPN.
Q2 - BF494B - Transistor NPN de RF.
P2 - Pot. logar tmicos de 100k‰
R2 - 100k‰
R5 - 1M5
R6 - 1k‰
R7 - 33k‰
R8 - 18k‰
R9 47‰
R10 - Pot. de 2M2
P5 Pot.de 10k‰
L1 - Ver texto
C1 - 220nF
C2 - 10 F x 12V
C3 - 10 F x 12V
C4 - 4,7nF - Poli ster.
C5 - 4,7nF NPO
C6 - 100nF - Cer mico
C7 - 10nF - Poli ster
C8 - 1nF - Poli ster (opcional)
Cv - Trimer com n de 80pF

Varios

Placas de circuito impreso, gabinete para montaje, estaño, cables, etc. *******************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y la colaboración de Leopoldo Parra Reynada.

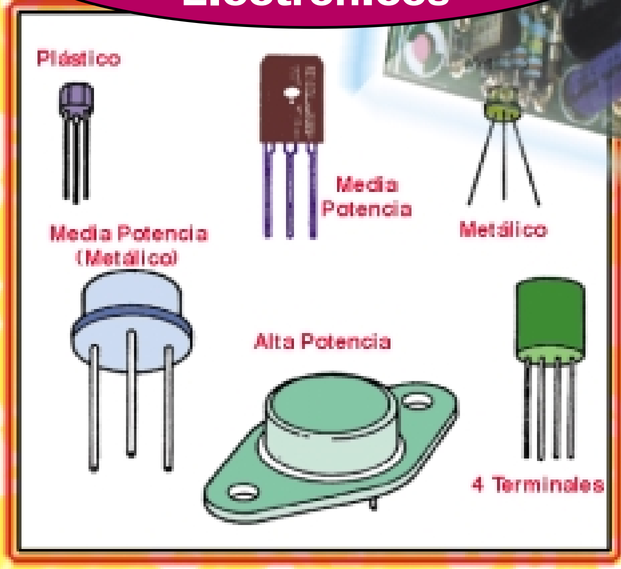
Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

El Láser

11

El Mundo de la Electrónica

Reparación de Equipos Electrónicos

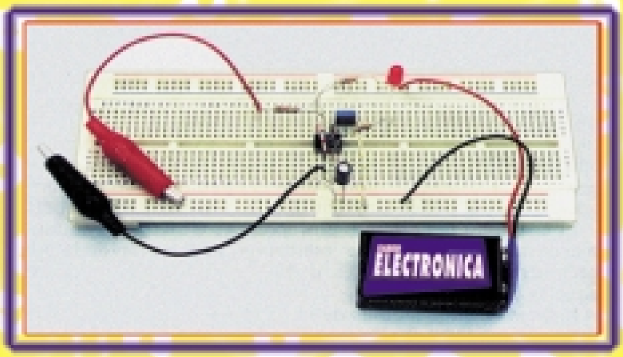

Plástico
Media Potencia
Metálico
Media Potencia (Metálico)
Alta Potencia
4 Terminales

Identificación de Componentes

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

Medidor de Transistores

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES


ELECTRONICA

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 11

IDENTIFICACION DE COMPONENTES

Resistores....163
Capacitores....163
Diodos....163
Transistores....164
Circuitos Integrados....165

COMO ENCARAR LA REPARACION DE EQUIPOS ELECTRONICOS

Camino lógico....167
Conocer la operación de un circuito....168
Conclusión....170

EL LASER Y LOS CONCEPTOS DE LA LUZ

La luz en la época de las luces....170
Los planteamientos de Huygens....171
Los planteamientos de Newton....171
Einstein y el efecto fotoeléctrico....171
Partículas elementales de la materia....172
Absorción y emisión....172
Fuentes convencionales de luz....173
Emisión inducida o estimulada....173
Estructura básica del láser....173
Consideraciones Finales....174

MEDIDOR DE TRANSISTORES

El circuito....175

Cupón Nº 11

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 11

Identificación de Componentes Electrónicos

Los componentes más comunes de los montajes son los resistores, capacitores y diodos, que presentan sólo dos terminales o ***"patitas"*** como también se las denomina.

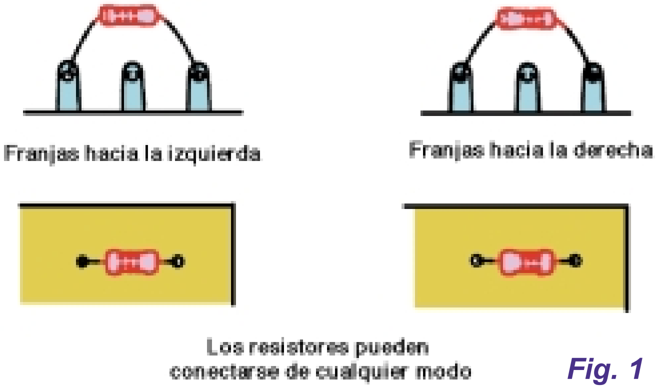

Franjas hacia la izquierda
Franjas hacia la derecha
Los resistores pueden conectarse de cualquier modo

Fig. 1

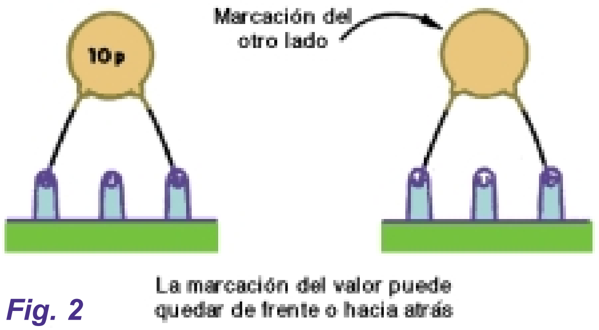

10p
Marcación del otro lado
La marcación del valor puede quedar de frente o hacia atrás

Fig. 2

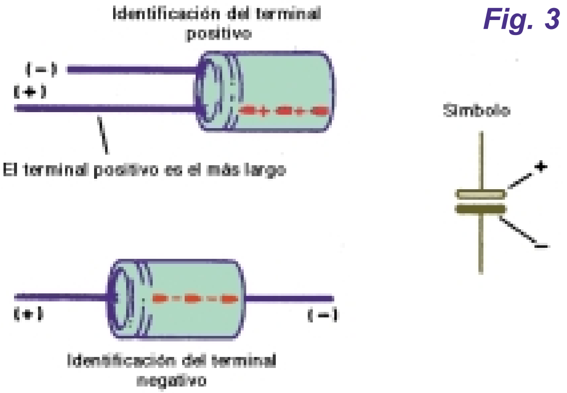

Identificación del terminal positivo
(−)
(+)
El terminal positivo es el más largo
Símbolo
+
−
(+)
(−)
Identificación del terminal negativo

Fig. 3

Los resistores se identifican fácilmente por sus bandas de colores que indican el valor. Eso quiere decir que podemos separar con facilidad los resistores de otros componentes del montaje.

Los resistores no son polarizados, lo que significa que tanto da unir este componente con todas las bandas para un lado como para el otro, como muestra la figura 1. Lo mismo ocurre con los llamados capacitores de bajo valor.

Estos capacitores son de cerámica, poliéster, poliestireno, aceite, etc., que se identifican por la marcación. La marcación tiene el valor del componente según códigos especificados en la lista de materiales.

Estos capacitores tampoco tienen polaridad, lo que significa que da lo mismo unir el componente con el lado marcado para un lado o para el otro (figura 2).

En compensación, los diodos y los capacitores electrolíticos son componentes polarizados.

Los capacitores electrolíticos tienen una marca para la polaridad que puede ser del polo positivo (+) o del negativo (-) como se muestra en la figura 3.

La posición del componente debe ser tal que coincida con la polaridad. Si hubiera un diagrama, para un capacitor electrolítico el trazo blanco representa el polo positivo y el trazo negro el polo negativo.

Los diodos se presentan con distintos tipos de cubiertas, algunos de los cuales exigen la atención del armador para no hacer inversión o conexión equivocada.

El tipo más común está dotado de una banda que identifica el cátodo o K, que está siempre marcado en los diagramas o en las vistas de puentes y placas (figura 4). Otros tipos, como el que muestra la figura 5 tienen el símbolo marcado en lugar de la banda. En este caso la flecha corresponde al ánodo (A) y la barra al cátodo (K). En algunos casos puede faltar la marcación de la banda o el símbolo. Para los diodos de señal (diodos de pequeñas corrientes) podemos hacer la identificación mirando el interior de la cubierta de vidrio transparente. En este caso, según muestra la figura 6 tenemos un alambre fino llamado ***"bigote de gato"*** que corresponde

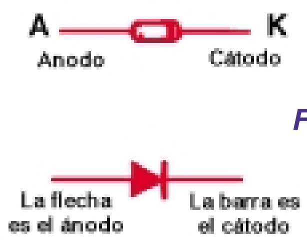

A
K
Anodo
Cátodo
La flecha es el ánodo
La barra es el cátodo

Fig. 4

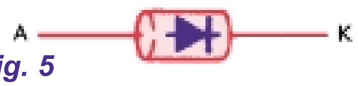


Fig. 5

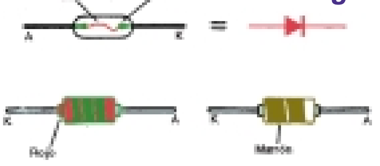

Bigote de Gato
A
K
=
K
A
Rojo
K
A
Marrón

Fig. 6

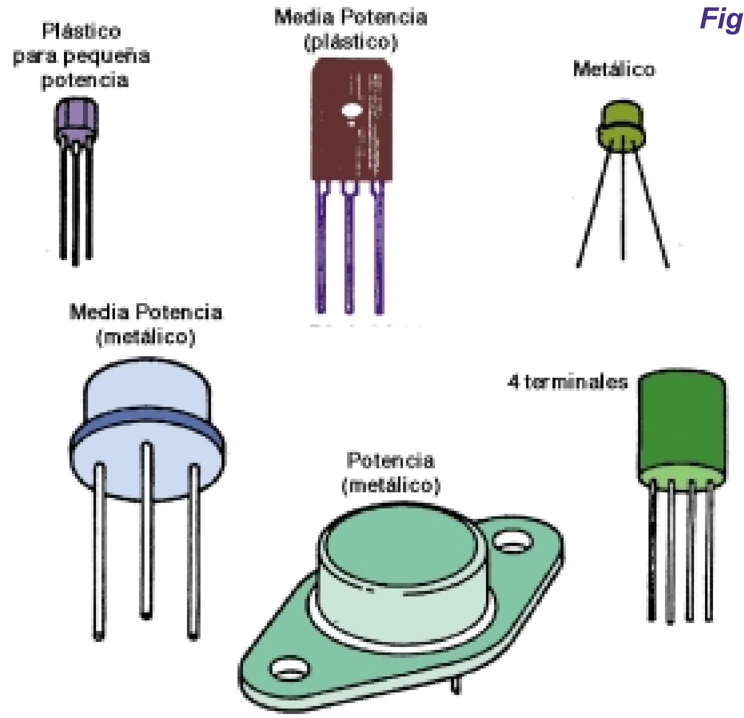

Plástico para pequeña potencia
Media Potencia (plástico)
Metálico
Media Potencia (metálico)
4 terminales
Potencia (metálico)

Fig. 7

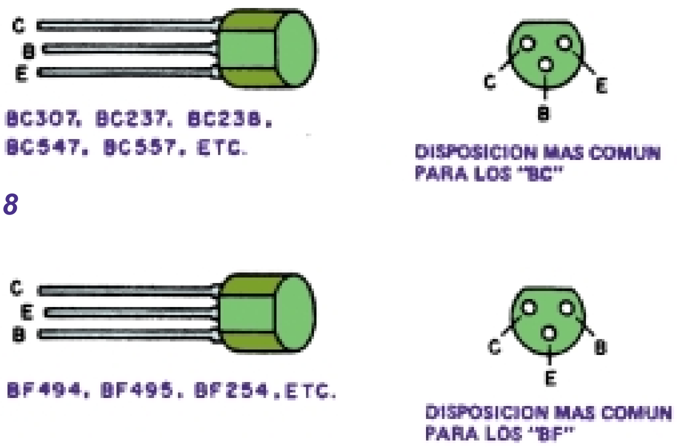

C
B
E
BC307, BC237, BC238,
BC547, BC557, ETC.
C
E
B
DISPOSICION MAS COMUN PARA LOS "BC"
C
E
B
BF494, BF495, BF254, ETC.
C
B
E
DISPOSICION MAS COMUN PARA LOS "BF"

Fig. 8

al ánodo y una pequeña ***"bolita"*** de material semiconductor que corresponde al cátodo.

En la misma figura tenemos diodos con bandas cuyos tipos se identifican por los colores.

El mismo tipo de identificación vale para los diodos zéner, recordemos que funcionan ***"al contrario"***, o sea que están polarizados en el sentido opuesto. El ánodo de los diodos zéner en una fuente está normalmente conectado a tierra (negativo).

Para los transistores y otros componentes de tres patitas, las confusiones pueden ser peores.

Existen distintos tipos de transistores: el más común es el llamado transistor ***"bipolar"*** que puede ser NPN o PNP. Además de ésos, tenemos los transistores unijunturas, los transistores de efecto de campo, etc.

Los terminales fundamentales de los transistores son el emisor (E), el colector (C) y la base (B). Eso significa que todos los transistores deben tener un mínimo de tres terminales. Decimos un mínimo porque existen algunos con un terminal más para la conexión a la carcaza, que sirve de blindaje, como muestra la figura 7.

Existen muchos tipos de cubiertas para los transistores según sugiere la misma figura. *`Y como muchos lectores ya deben haber pensado, el orden de colocación de los terminales de emisor, colector y base no es siempre el mismo!*

Para los de poca potencia, como los ***"BC"*** que tanto usamos en nuestros proyectos, el orden es colector, base, emisor, mirados desde abajo, con la parte achatada hacia arriba. Y existen los "BF" en que el orden es distinto como el BF494, BF454 y BF495, como se ven en la figura 8.

Entre éstos, tenemos el colector, el emisor y la base en la punta. ¡Hasta en los BC puede aparecer este tipo de disposición! Y por ese motivo y en caso de duda, cuando no tenemos un transistor conocido, debemos tener las tablas de identificación o los manuales.

También existen los transistores de potencia grande y mediana.

Para los BD más comunes, como por ejemplo los 135, 136, 137, etc., la disposición de los terminales está dada en la figura 9, junto con los "TIP" (29, 30, 31, 32, 41, 42, etc.).

Recordamos que en estos transistores existe un contacto eléctrico entre la parte metálica (que debe quedar para abajo en la identificación de los terminales) y el colector. Por este motivo se recomienda en los montajes que usan disipadores, que éstos estén aislados. ***`El disipador en contacto con el transistor también hace contacto con su colector!***

El aislamiento se efectúa con una hoja de plástico o mica entre el transistor y el disipador. Puede colocarse en ese punto un poco de pasta térmica para facilitar la transferencia de calor (figura 10).

También en este caso están los transistores con cubiertas metálicas del tipo TO-3, como el 2N3055. Esos transistores tienen

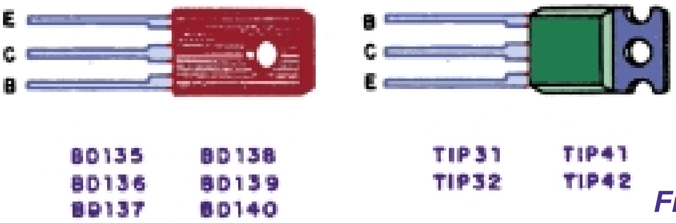

E
C
B
BD135
BD136
BD137
BD138
BD139
BD140
B
C
E
TIP31
TIP32
TIP41
TIP42

Fig. 9

Fig. 10

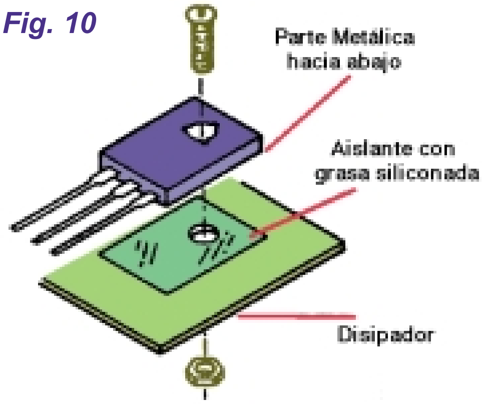

Parte Metálica
hacia abajo
Aislante con
grasa siliconada
Disipador

Fig. 11

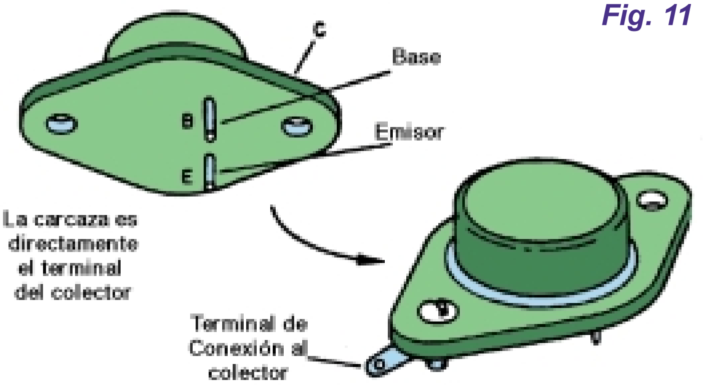

C
Base
B
Emisor
E
La carcaza es
directamente
el terminal
del colector
Terminal de
Conexión al
colector

Fig. 12

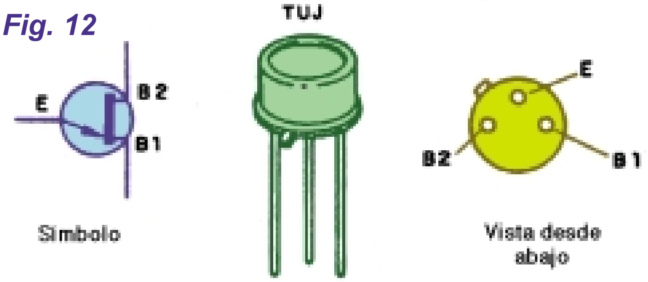
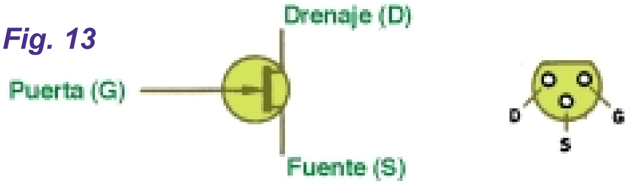

TUJ
E
B 2
B 1
Símbolo
E
B2
B 1
Vista desde
abajo

Fig. 13


Drenaje (D)
Puerta (G)
Fuente (S)
D
G
S

En este componente la fuente y el drenaje pueden intercambiarse

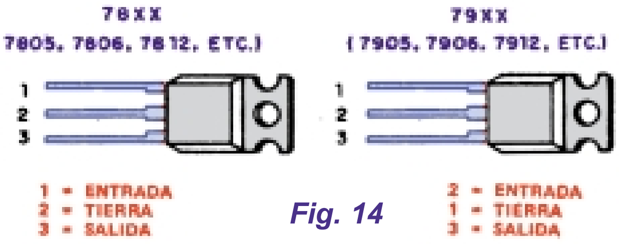
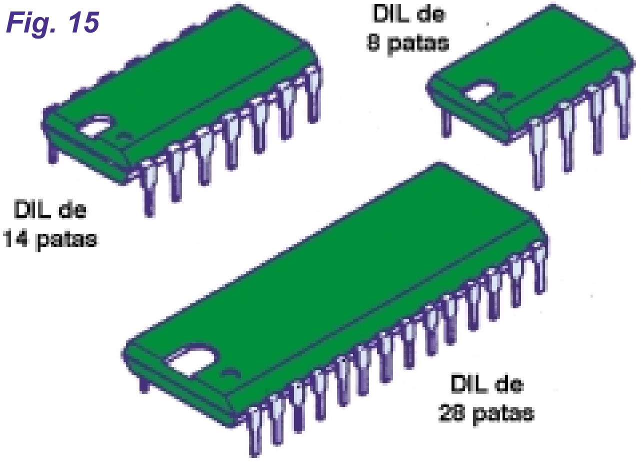

78XX
7805, 7806, 7812, ETC.)
1
2
3
1 = ENTRADA
2 = TIERRA
3 = SALIDA
79XX
(7905, 7906, 7912, ETC.)
1
2
3
2 = ENTRADA
1 = TIERRA
3 = SALIDA

Fig. 14

Fig. 15


DIL de
8 patas
DIL de
14 patas
DIL de
28 patas

nada más que dos terminales (emisor y base) identificados por E y B, el colector es la propia cubierta, como muestra la figura 11.

La conexión del colector se efectúa entonces en el montaje del componente en contacto con un elemento conductor (chasis) o con la ayuda de un terminal atornillado en los orificios de fijación de los componentes.

Además de estos transistores bipolares, vimos que tenemos otros. Hay uno que puede producir cierta confusión a los principiantes: es el unijuntura (TUJ), como el muy popular 2N2646.

Como muestra la figura 12, este transistor posee dos bases (B1 y B2) y un emisor (E).

Las bases no son intercambiables, es decir, no podemos cambiar una por otra, de modo que la posición del transistor es muy importante. Mirando el transistor por abajo, dejamos el pequeño resalto a la izquierda. Tenemos entonces, en orden, B2, E y B1.

En la figura 13 tenemos un transistor de efecto de campo MPF102. Vea que los nombres dados a los terminales también son diferentes de los de los transistores comunes.

Finalmente tenemos los circuitos integrados. Los tipos más simples son los que muestra la figura 14, que tienen cubiertas semejantes a las de los transistores, como los reguladores de tensión de la serie 78XX y 79XX.

En realidad, esos componentes no tienen una estructura simple. No son como un transistor, que posee nada más que un cristal con dos junturas. En verdad, los otros forman círculos completos con muchos componentes, como ser resistores, diodos y transistores, interconectados internamente para la función deseada, como en el caso de un regulador de tensión.

Por eso no tiene sentido hablar de emisor, colector y base en esos casos. Lo que poseen, en realida, es una entrada (E), una salida (S) y un terminal a tierra (T).

Saber si un componente de este tipo es o no un transistor, sólo es posible mediante la identificación. Evidentemente, un circuito integrado de ese aspecto no puede sustituirse por un transistor

Fig. 16

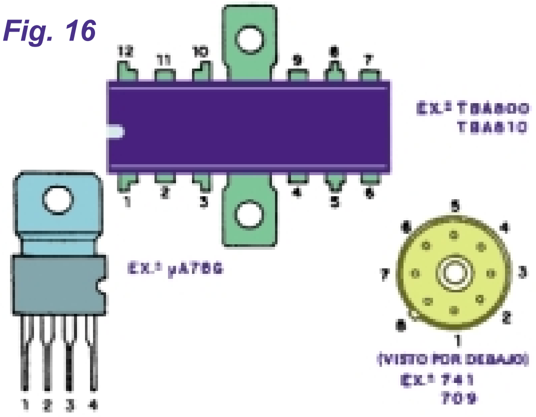
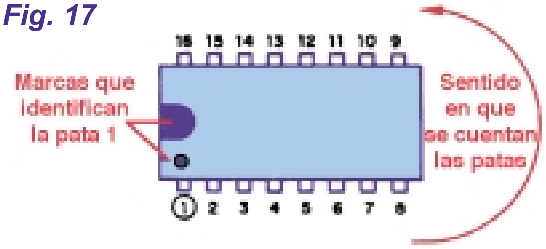


Fig. 17


16 15 14 13 12 11 10 9
Marcas que identifican la pata 1
Sentido en que se cuentan las patas
① 2 3 4 5 6 7 8

común.

Pero los tipos más populares de cubiertas para integrados son los llamados DIL (Dual in Live o con dos filas paralelas de terminales) como se ve en la figura 15.

Tenemos, entonces, las cubiertas de 8 pines, 14 pines, 16 pines y hasta con más de 40 pines.

Es importante en este tipo de cubiertas, saber cómo se numeran los terminales.

El terminal 1 normalmente va junto a la media luna o alrededor de un punto, como muestra la figura 16.

Después se hace el conteo en sentido contrario a las agujas del reloj (antihorario), si se ve el integrado desde arriba.

De cualquier modo, siempre existe una marca que permite saber cuál es el pin 1 y desde ahí el procedimiento es simple.

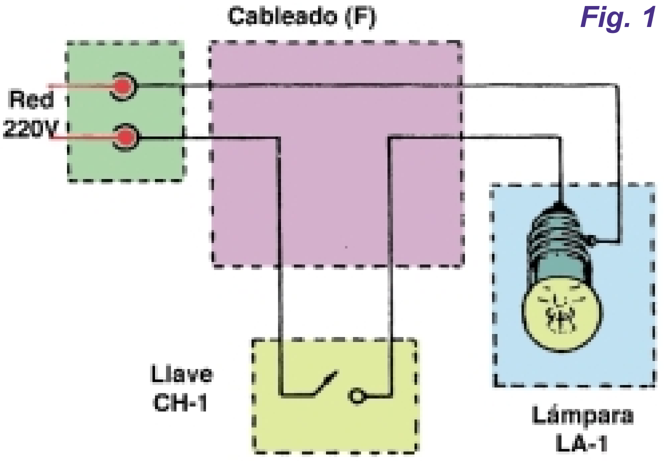
Existen también los integrados con cubiertas diferentes, como muestra la figura 17.

Algunos de estos integrados pueden aparecer en montajes importantes, pero el lector no tiene la obligación de memorizar la disposición de los terminales de todos.

Para eso es que existen los folletos informativos, los manuales y el artículo que describe el proyecto.

Cómo Encarar la Reparación de Equipos Electrónicos

Fig. 1



El grado de complejidad de un circuito va aumentando a medida que se usan más componentes. Veamos un ejemplo bien simple de entender: el circuito de iluminación representado en la figura 1, compuesto por la lámpara LA-1, el interruptor CH-1, el cableado F y finalmente la entrada de la red, R. En este circuito, los componentes involucrados son mínimos y cualquier anomalía puede ser analizada fácilmente.

Por ejemplo, si accionamos el interruptor CH-1 para la posición CONECTAR y la lámpara no se enciende, *dónde buscamos el problema?*

Obviamente, cualquier electricista juzgará elemental esta pregunta.

En primer lugar, es preciso verificar si EXISTE la corriente de la red R, enseguida obedeciendo una cuestión de probabilidad de incidencia de problemas, verificar si la lámpara no está quemada. A continuación, constatar si la llave CH-1 está realmente cerrando el circuito a través de sus contactos y finalmente, agotadas todas las hipótesis anteriores, si el problema persiste, el electricista irá analizando el estado de las conexiones del cableado F.

En este ejemplo puede visualizar que es de extrema importancia trazarnos un camino lógico en la búsqueda del problema, para no perder tiempo. Cualquiera que sea el circuito y su complejidad, siempre existen componentes que presentan mayor probabilidad de incidencia de problemas. Así, en el circuito de la figura 1, podemos afirmar con un buen margen de aciertos que, si hay energía eléctrica y la lámpara no se enciende al accionar la llave de conexión, muy probablemente la lámpara está quemada, pues las lámparas poseen una vida limitada.

Obviamente que las demás hipótesis no pueden ser ignoradas y deben ser colocadas por orden decreciente de probabilidades. Observe la figura 2. Imagínese si el electricista fuera a buscar, como primera opción, algún defecto en la instalación

Fig. 2

1	Red
2	Lámpara
3	Interruptor
4	Cableado

eléctrica (cableado), que en la mayoría de los casos corre por dentro de conductos cerrados y... ¡por fin! comprueba que la lámpara no se enciende simplemente por ¡falta de energía eléctrica!

Presentamos una situación obvia que, creemos, nunca ocurrirá en la práctica; pero a través de este razonamiento, le mostramos que la búsqueda de un defecto debe obedecer a un camino lógico, evitando que el técnico vaya a buscar la causa de un defecto en el componente más improbable.

CAMINO LÓGICO

En el ejemplo que presentamos en la introducción, el trazado de un ***"camino lógico"*** para la investigación no presentó problemas mayores, pues todos conocemos en primer lugar los componentes de este circuito y en segundo, el funcionamiento del mismo. Conociendo los componentes y el funcionamiento de un circuito, el trazado de un camino lógico de investigación es bastante fácil.

Digamos también que la complejidad de un circuito va creciendo a medida que se utiliza un número mayor de componentes.

Llegamos a la conclusión, entonces, de que si no realizamos la investigación en busca del defecto siguiendo un camino lógico, el tiempo que gastemos (inútilmente) será tanto mayor cuanto mayor sea la complejidad del circuito.

Innegablemente, los receptores de televisión están constituidos por un gran número de componentes y, por lo tanto, pueden ser clasificados como COMPLEJOS. Repetimos nuevamente: "complejos", no quiere decir difíciles de comprender.

Quedó claro que para llevar a cabo nuestro trabajo de búsqueda de un defecto, debemos trazarnos inicialmente un plan de trabajo, o sea, un camino lógico y que, para que esta tarea sea ejecutada de forma natural, es necesario que conozcamos primero los componentes del circuito y, segundo, el funcionamiento de éste.

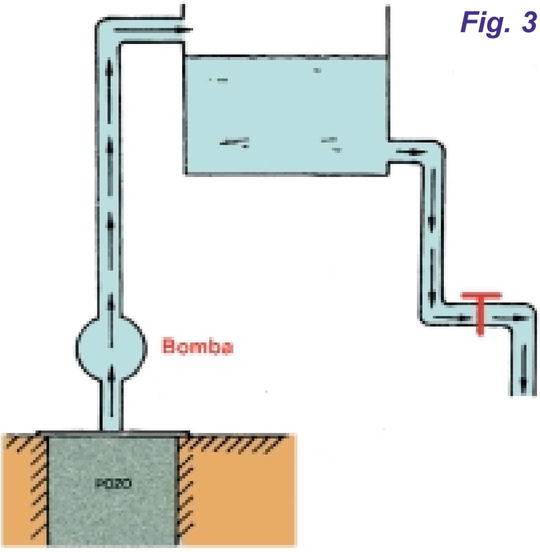


Fig. 3

Para trabajos en televisión, el técnico debe poseer conocimientos sólidos sobre el funcionamiento de cada uno de los componentes de un receptor, como por ejemplo, los transistores, las válvulas, diodos o capacitores, resistores, transformadores, el flyback, el TRC (cinescopio), etc.

Además de conocer el funcionamiento aislado de cada uno de los componentes, el técnico que se propone realizar el mantenimiento de aparatos de TV tiene como requisito básico, que conocer el FUNCIONAMIENTO GLOBAL de un receptor. Muchos podrán alegar la enorme diversificación de los circuitos comerciales existentes, como justificación para no comprenderlos. Vamos, entonces a añadir que conocer el funcionamiento global de un receptor no implica tener que asimilar el circuito de todos los receptores comerciales existentes. La operación de un receptor de TV es básicamente idéntica para todos los modelos, siendo que el CIRCUITO utilizado es lo que puede sufrir variaciones de fabricante a fabricante.

Por lo tanto, para trazarnos un plan de trabajo, es suficiente que el técnico conozca el FUNCIONAMIENTO y no el CIRCUITO del receptor. Los circuitos utilizados presentan variaciones muchas veces significativas, pero su efecto final dentro del conjunto del receptor será siempre el mismo.

Para trazar el camino de búsqueda de un defecto, debemos considerar como elemento fundamental el CAMINO POR DONDE PASA LA SEÑAL.

Todos los circuitos electrónicos presentan un camino bien definido por donde fluye la señal y esta situación abarca también a los receptores de TV. La teoría que estudió en su curso de televisión (cualquiera que haya sido) debe ser aplicada durante su trabajo de mantenimiento. Es a través de esta teoría que irá trazando su plan de trabajo, obedeciendo el flujo de la señal dentro del receptor.

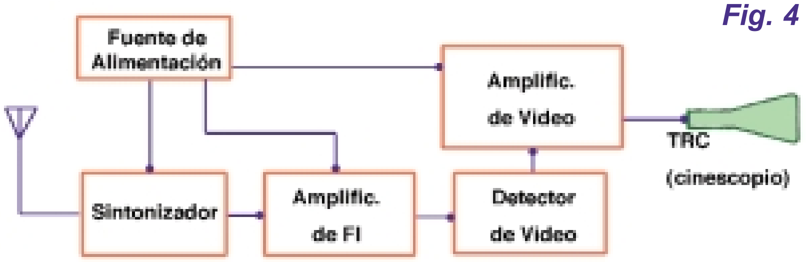
Observe el ejemplo ilustrado por la figura 3 para dejar muy claro este concepto de flujo de una señal. En este ejemplo, presentamos un CIRCUITO HIDRAULICO, que en su efecto de flujo o camino seguido presenta muchas semejanzas con los circuitos eléctricos. Las partes integrantes de este circuito hidráulico son:

- ***Pozo artesiano***
- ***Bomba hidráulica***
- ***Tanque de agua (reserva)***
- ***Canilla (llave de control)***

El elemento que va a recorrer este circuito es el AGUA, que es retirada del pozo (fuente) por la bomba de agua y llevada hasta la reserva (tanque), donde queda acumulada hasta su posible salida (canilla).

Observe, entonces, que el camino a ser recorrido por el agua

Fig. 4



está bien definido: del pozo (origen) hasta la canilla (destino). En una analogía con un circuito eléctrico de un receptor de TV, podemos decir que la señal captada por la antena (origen) tiene un camino bien definido hasta su reproducción final por el cinescopio y altoparlante (destino).

Considerando el ejemplo de la figura 3, vamos a analizar cómo haría una búsqueda de defecto, en el caso de que el agua no saliera por la canilla. Sería lógico que verificáramos inicialmente si la bomba de agua está funcionando. *Y si no hubiera agua en el pozo? O si alguna tubería estuviera tapada? Por dónde comenzar?* En este caso, debemos también considerar el camino lógico e iniciar nuestro trabajo analizando los componentes del circuito de mayor probabilidad de incidencia de problemas y, naturalmente, por los elementos que presentan mayor facilidad de inspección. Basados en este raciocinio, siga las siguientes consideraciones:

Para qué verificar las cañerías, si constatamos que no existe en el pozo ni una gota de agua.

Si constatamos que la canila está atascada, de nada nos valdrá observar si hay agua en el tanque.

Si no existe agua en el tanque (reserva), de nada valdrá buscar el problema en la canilla.

Si la bomba de agua no funciona, de nada servirá constatar si hay agua en el pozo.

Estas conclusiones son obvias porque conocemos bien el camino del agua en este circuito.

En los receptores de TV podremos también llegar a conclusiones obvias, si conocemos bien el camino de la señal por el circuito.

Vamos a analizar ahora un ejemplo de circuito eléctrico atravesado por una señal.

La figura 4 muestra, en bloques, la disposición de algunas etapas de un receptor de TV. Observe que no nos estamos refiriendo a **CIRCUITOS,** sino etapas que son, por lo tanto, idénticas en todos los receptores. En este ejemplo (real) la señal captada por la antena es seleccionada por el selector de canales y luego, entregada al amplificador de FI (frecuencia intermedia) que la ampliará lo suficiente para accionar el detector de video, cuando sea entregada al amplificador de video para excitar el cinescopio.

En caso de que el selector de canales, que representa el primer eslabón de este camino, no esté funcionando, la señal captada por la antena no tendrá secuencia y, en este caso no aparecerá imagen alguna en el cinescopio.

Obviamente, en el caso de circuitos eléctricos la constatación de la señal no es tan simple como la constatación de la presencia de agua en el circuito hidráulico. La presencia de una señal eléctrica debe ser buscada mediante INSTRUMENTOS adecuados. Es muy importante también saber cuál señal es la que debe ser encontrada en un punto determinado del circuito, para que podamos comprobar su existencia y utilicemos el instrumento adecuado.

Las señales eléctricas pueden asumir diversas características. Así, por ejemplo, las señales continuas (D.C.) o alternados de baja frecuencia (A.C.) pueden ser verificados en el multitéster, a medida que las señales de frecuencia son mayores, exigen otro tipo de instrumentos.

Muchas veces podemos comprobar la presencia de estas señales no a través de instrumentos de medición, sino valiéndonos de circuitos auxiliares que son sensibilizados por estas señales. Por ejemplo, los amplificadores de audio pueden utilizarse como sensores para detectar la presencia de señales en esta gama de frecuencia.

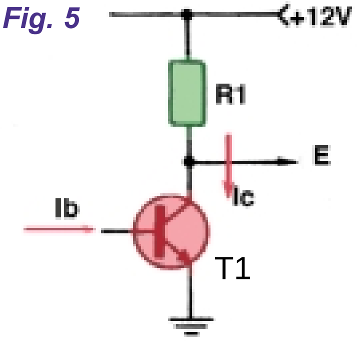
CONOCER LA OPERACIÓN DE UN CIRCUITO

Así como ya dijimos, el técnico que se propone hacer el mantenimiento de aparatos de televisión, no necesita buscar fórmulas mágicas ni recetas instantáneas, porque no existen, sino conocer básicamente el funcionamiento de un circuito. Sabemos que la primera alternativa es mucho más fácil y desgraciadamente muchos de nuestros técnicos buscan realizar su trabajo a través de ese sistema de **"almacenamiento"** de soluciones listas para cada síntoma, que algunas veces hasta podrá funcionar. En la segunda alternativa el técnico actúa conscientemente y dentro de este procedimiento, su bagaje técnico se va enriqueciendo. Habituándose a utilizar su raciocinio, el técnico estará construyendo su futuro y mejorando su capacidad técnica.

Para ilustrar mejor estos conceptos, vamos a analizar un circuito práctico bien simple, pero que todavía genera dudas en algunos técnicos y estudiantes. La figura 5 representa una etapa transistorizada que podrá formar parte de cualquier circuito de un receptor de TV.

En esta figura están represen-

Fig. 5



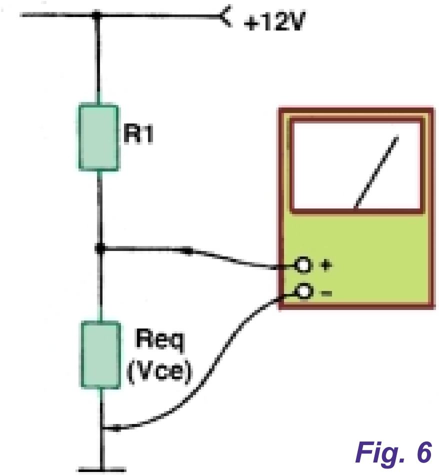


Fig. 6

tados solamente el transistor T1 y su resistor de carga de colector R1, elementos básicos que servirán para los efectos de este análisis. Vamos entonces a presuponer algunas situaciones irregulares y analizar cuál sería la conducta correcta para su verificación.

Los transistores operan como ***AMPLIFICADORES DE CORRIENTE;*** esto es, la corriente inyectada en su base es la que controla la corriente del colector. De este hecho básico tomamos la relación que determina la ***GANANCIA DE CORRIENTE*** de un transistor: **b = Ic/Ib**, o sea la relación entre la corriente de colector Ic por la corriente de base nos da la ganancia de corriente de este transistor. Cuando mayor sea esta ***"ganancia"***, tendremos una pequeña corriente de base que podrá controlar una corriente grande de colector.

La configuración en que se encuentra el transistor T1 de la figura 5 se denomina ***EMISOR COMUN***, pues el terminal emisor (tierra) es considerado elemento común a la señal de entrada y a la señal de salida, la señal de entrada es aplicada entre la base y la tierra (emisor) y la señal de salida es recogida entre el colector y tierra (emisor). Ahora observe que la corriente que circula por el resistor de carga R1 es determinada por el transistor T1; obviamente este control de corriente no es infinito, pues posee límites que son impuestos por el propio circuito. Vea: la máxima corriente que podrá circular por R1 está determinada por el valor óhmico de este resistor, y esta situación ocurrirá cuando el transistor Tl esté saturado, o sea en su condición de máxima corriente. Por otro lado, la mínima corriente que podrá circular por R1 es obviamente una corriente nula o igual a cero, esta situación ocurrirá cuando el transistor Tl esté cortado, o sea, en su condición de mínima corriente. Así, percibimos que esta variación (rango) de corriente de colector está relacionada al valor del resistor de carga R1 y que posee límites bien definidos que son producidos por el transistor R1 en el corte y en la saturación.

La corriente que circula por R1 provoca sobre este transistor una caída de tensión de acuerdo con la ley de Ohm: **V = R/I**, que determinará la tensión de salida "E". Observe, entonces, que este circuito de salida puede ser considerado como un divisor de tensión formado por los terminales colector-emisor de T1. Dentro de este concepto, tenemos que este divisor de tensión está constituido por un elemento fijo: el resistor R1 (pues su valor óhmico no se modifica) y por un elemento variable, los terminales colector-emisor de T1, que llamaremos **Vce**. Con esto, observamos que el transistor T1 se comporta como un resistor variable elemento activo, que puede asumir dos extremos de valores: cero ohm en la condición de saturado e infinito ohm en la condición de cortado.

Los transistores en la práctica no alcanzan estos límites; así, en la saturación presentan un valor óhmico bien pequeño, pero no igual a "0" y en el corte presentan un valor óhmico bastante alto, aunque no sea igual a "infinito".

Observe la figura 6 donde sustituimos los terminales colector emisor de Tl por un resistor equivalente en las situaciones de corte y saturación.

En el corte (conducción de corriente mínima) el resistor equivalente entre colector-emisor es suficientemente elevado, impidiendo la circulación de corriente sobre R1 (o una corriente despreciable). Por lo tanto, si medimos con un voltímetro la tensión entre el emisor (tierra del circuito) y el colector, encontraremos una tensión idéntica (o bastante próxima) a la tensión entre la tierra y la fuente de alimentación (12V), pues no hay caída de tensión apreciable sobre R1. Por lo tanto, en el corte, la tensión de salida "E" es igual a la de alimentación. En la ***"saturación"*** (máxima conducción de corriente) la situación es inversa, pues el resistor equivalente entre el colector-emisor es suficientemente pequeño y prácticamente pone a tierra el terminal de R1, o sea, en esta condición el resistor R1 queda prácticamente conectado entre los dos polos de la fuente, así produce la máxima circulación de corriente.

Si medimos ahora con un voltímetro la tensión entre el emisor (tierra del circuito) y el colector, encontraremos una tensión bien pequeña (típicamente 0,2V) indicando el estado de saturación del transistor.

En las situaciones intermedias, entre el corte y la saturación, naturalmente que la tensión de salida se colocará entre estos dos límites (0,2V y 12V). Decimos que ésta es la región lineal o región de trabajo de los transistores de señal.

Vea, por lo tanto, que aplicando los conceptos aquí expuestos, con un simple multímetro es posible evaluar si un transistor está o no operando correctamente. Vamos a tomar un caso para analizarlo: en el circuito de la figura 7 se encontró una tensión DC bien pequeña en el colector de T1...

Qué conclusiones sacar ?

—Obviamente antes que nada, el técnico averiguará si la tensión de alimentación (12V) está presente, pues sin ésta de ninguna manera y bajo ninguna hipótesis, podremos tener tensión de colector.

—La siguiente sospecha recae sobre el estado del resistor R1 y del transistor T1. En este circuito de bajo consumo, podemos afirmar que es más probable un defecto en T1 que en Rl (T1 - ele-

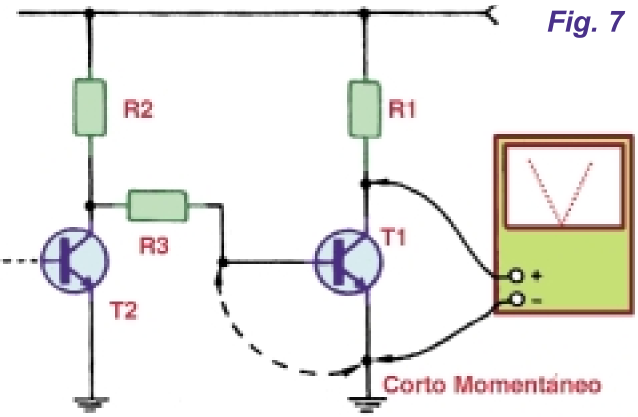


Fig. 7

mento activo, R1 - elemento pasivo). Si la tensión de colector está baja, podemos admitir dos condiciones; o Tl está en corto (colector-emisor) o está en saturación.

Si anulamos la corriente de base de T1, aplicando momentáneamente un corto entre los terminales base-emisor, el transistor T1 será llevado a corte (si estuviera en perfecto estado) y la tensión del colector presentará un valor idéntico (o próximo) al de la fuente. Note que esta prueba sólo podrá realizarse cuando no se trate de circuitos con acoplamiento directo. La presencia del resistor de base RB aísla el "corto" que aplicamos a la base del transistor T1 de la etapa de salida anterior (T2).

CONCLUSIÓN

Por el resumen expuesto y por los ejemplos considerados, se puede ver cuánto se simplifica una búsqueda de defectos cuando el técnico tiene buenos conocimientos del funcionamiento del circuito.

Basándose en estos conocimientos, su actuación debe ser racional y lógica, sacando conclusiones importantes de una simple lectura de tensión.

Otro consejo importante: debemos siempre basarnos en los valores de tensión impresos en los esquemas, pero nunca admitirlos como absolutos, ya que las tolerancias de los componentes y las variaciones normales de la fuente deben ser tomados en cuenta.

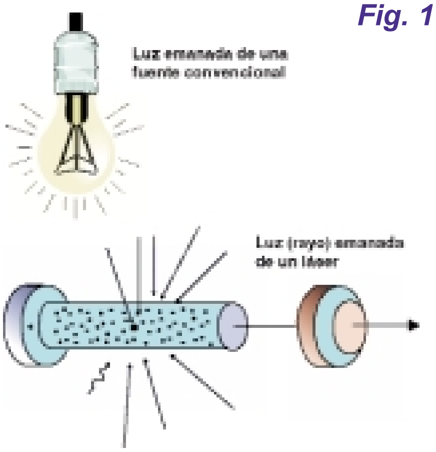
El Láser y los Conceptos de la Luz

INTRODUCCIÓN

El láser es, hoy por hoy, uno de los tantos grandes inventos que el hombre moderno ha puesto a su servicio. Sus aplicaciones son muy variadas, y van desde el empleo del bisturí láser en la microcirugía, hasta su uso en el corte de planchas de acero, en las telecomunicaciones, la holografía, la fusión termonuclear, etc.

Entre estas aplicaciones, destaca la que tiene en el mundo del sonido y del video, con los discos compactos de audio digital, los CD-ROMs y el DVD, los cuales se basan en un sistema de lectura de la información por medio de un rayo emitido por un dispositivo láser. ***Láser*** es una palabra compuesta por las siglas de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que se puede traducir al castellano como "Amplificación de la Luz por Emisión Estimulada de Radiación". En pocas palabras, el láser es una fuente de radiación o haz lumínico (en forma de rayo o haz) constituido por tres partes fundamentales: un medio activo, un sistema de bombeo y una cavidad resonante. Su principio de operación, tal como su nombre lo indica, reside en un fenómeno de la física llamado "emisión estimulada".

Fig. 1


Luz emanada de una fuente convencional
Luz (rayo) emanada de un láser

La primera proposición teórica de láser, ya en forma definitiva, fue hecha en 1960 cuando se perfeccionó la técnica del láser. Y este invento debe mucho a uno de los científicos prominentes del siglo XX: Albert Einstein, cuya aportación principal fue justamente el descubrimiento de la emisión estimulada.

Es importante dejar bien claro que la luz concentrada que emiten los láseres –que son muy variados- es en forma de rayo, lo cual posibilita que pueda ser dirigido hacia un determinado objetivo, a diferencia de la luz emitida por las llamadas fuentes convencionales, por ejemplo un foco, que se dispersa o difunde en distintas direcciones (figura 1).

Antes de explicar con más detalle qué es el láser, hablaremos de algunos antecedentes teóricos.

LA LUZ EN LA ÉPOCA DE LAS LUCES

La Europa que había salido de un largo período que modernamente hemos llamado "Edad Media", descubrió la luz y sus propiedades, y puso sus esperanzas en la reflexión y en la observación como método de acercamiento a la "realidad". En esa época no había las barreras entre disciplinas como las que ahora existen, de tal manera que los artistas, los escritores y los científicos podían compartir sus intereses y pasiones. Lo mismo se interesaban por las matemáticas y los fósiles que por la mecánica y la botánica; por la metalurgia y la estadística. La Europa que despertaba tenía una gran vocación de saber y de ampliar sus conocimientos sobre la naturaleza. En Holanda, a mediados del siglo XVII uno de estos espíritus provocadores, Christiaan Huygens, se refería a la posibilidad de que existieran más tierras habitadas, y hablaba del enorme salto que implicaría para el pensamiento humano el que pudiésemos vislumbrar aunque fuera por un momento otros mundos y otras civilizaciones, contrastando semejanzas y diferencias. En otro extremo, en Inglaterra, Isaac Newton se ganaba el prestigio de la comunidad científica mundial al descubrir fenómenos tan conocidos (y poco comprendidos) como la gravedad o la ley de la acción y la reacción, trabajo que no le impidió desarrollar un método infalible para la resolución de las ecuaciones de segundo grado que hasta la fecha se sigue utilizando.

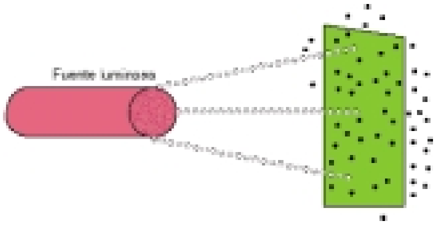
Era pues la época de los grandes descubrimientos científicos, de los viajes, de los primeros descubrimientos astronómicos serios; fue cuando el hombre por fin pudo reflexionar con mayor lucidez sobre muchos dogmas (el modelo geocéntrico, el poder de los reyes, el papel de la Iglesia) que habían mantenido estáticos a los pueblos por más de 10 siglos. Es por eso que al siglo XVII se le conoce como el de la Ilustración Europea. Precisamente en esos años de grandes avances científicos, Christiaan Huygens e Isaac Newton abordaron independientemente el estudio de un fenómeno cotidiano, pero al cual nadie había podido dar una explicación coherente hasta ese momento: el de la luz.

Los Planteos de Huygens

Huygens fue uno de los científicos que en su época analizaron los fenómenos ópticos. Por entonces ya se conocían las propiedades de las lentes, con las cuales se fabricaban telescopios y microscopios. Pero a pesar de que los artesanos podían fabricar lentes de muy alta precisión (para los estándares de la época), prácticamente nadie trataba de explicarse por qué los rayos de luz se "torcían" al atravesar estos elementos.

Fig. 2

El efecto fotoeléctrico fue interpretado por Einstein en 1905. Cuando la luz cae sobre la placa de metal, ésta expele una lluvia de electrones. Este fenómeno no puede explicarse mediante la clásica teoría ondulatoria de la luz. Einstein dedujo que la luz no es una corriente continua de energía, sino que está compuesta de partículas individuales o haces de energía que llamó fotones. Cuando un fotón golpea un electrón la acción resultante es análoga a la del choque de bolas de billar, como se muestra en figura simplificada.



Huygens realizó diversos experimentos y observaciones, y llegó a la sorprendente conclusión de que la luz está formada por ondas diminutas que se propagaban en todas direcciones. Esta naturaleza de los rayos lumínicos explicarían su comportamiento al atravesar un prisma (fenómeno descubierto por Newton), y su desviación al atravesar medios de distinta densidad. Tan convincente y acertada fue la teoría de Huygens que permaneció prácticamente sin cambios por más de dos siglos.

Los Planteos de Newton

Por su parte, y con base en sus observaciones empíricas, Newton descubrió que cuando se tiene una fuente puntual de luz y se interpone un objeto entre ésta y cualquier otra superficie (por ejemplo, el piso o una pared), la sombra del objeto tiene bordes perfectamente definidos y no difuminados, como se podría esperar si los rayos luminosos efectivamente fueran ondas como había propuesto Huygens.

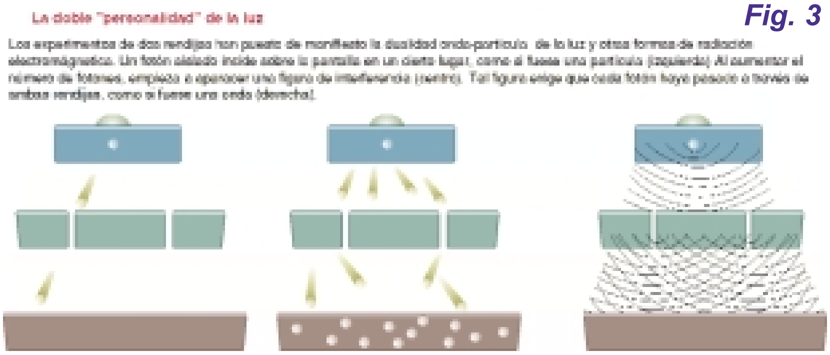
Esto le llevó a pensar que la luz no estaba compuesta por ondas, sino por partículas tan pequeñas que no era posible verlas, pero que al chocar con los objetos, rebotar y llegar hasta nuestros ojos, nos permitían apreciar todo nuestro campo visual. Por supuesto que una teoría corpuscular de la luz no explicaba fenómenos como la difracción de los rayos lumínicos con las lentes (ni siquiera explicaba el por qué de la descomposición de la luz descubierta por el mismo Newton), así que por muchos años la teoría corpuscular fue abandonada por la comunidad científica, la cual se inclinó favorablemente por la teoría ondulatoria de Huygens. Habrían de pasar más de dos siglos para que se recuperaran los planteamientos teóricos de Newton.

Einstein y el Efecto Fotoeléctrico

A principios de este siglo, Albert Einstein, científico alemán más conocido por la teoría de la relatividad, descubrió que cuando un rayo de luz golpea un cuerpo metálico, la conductividad de éste aumenta considerablemente. A este fenómeno se le llamó ***efecto fotoeléctrico***, y la explicación que le dio Einstein lo remitió nuevamente a la naturaleza corpuscular de la luz propuesta por Newton dos siglos antes (figura 2).

Según el planteamiento de Einstein, la luz estaría compuesta por una gran cantidad de minúsculas partículas a los que llamó ***fotones***, los cuales, cuando golpeaban a los átomos de la placa metálica del experimento, liberaban electrones, incrementando así la conductividad del material. Sin embargo, la teoría de Einstein contenía un elemento asombroso: planteaba que la luz efectivamente estaba compuesta por minúsculas partículas, pero que en ciertas condiciones también estaba formada por ondas. En otras palabras, Einstein le daba la razón tanto a Huygens como a Newton.

Esto podría parecer un desatino; sin embargo, los más recientes experimentos siguen comprobando una y otra vez que la luz puede comportarse en determinadas condiciones como ondas y en otras como partículas, y esta dualidad ***onda-partícula*** hace que los fenómenos ópticos sean tan interesantes (un detalle poco conocido es que el Premio Nobel que se le concedió a Einstein no fue por su teoría de la relatividad, sino por su descubrimiento del efecto fotoeléctrico). Figura 3.



La doble "personalidad" de la luz

Los experimentos de dos rendijas han puesto de manifiesto la dualidad onda-partícula de la luz y otras formas de radiación electromagnética. Un fotón aislado incide sobre la pantalla en un cierto lugar, como si fuese una partícula (izquierda). Al aumentar el número de fotones, empieza a aparecer una figura de interferencia (centro). Tal figura exige que cada fotón haya pasado a través de ambas rendijas, como si fuese una onda (derecha).

Fig. 3

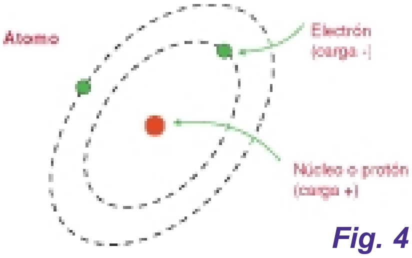


Fig. 4

PARTÍCULAS ELEMENTALES DE LA MATERIA

Seguramente ya hemos despertado su curiosidad sobre los fenómenos luminosos, pero antes de avanzar en el tema, tenemos que revisar algunos conceptos básicos que nos permitirán un mejor entendimiento de las explicaciones posteriores. Comenzaremos con una explicación breve sobre las partículas elementales que componen la materia.

Todo estudiante de electrónica sabe que la materia, en cualquiera de sus estados (sólido, líquido o gaseoso), se compone en un nivel muy elemental de partículas denominadas átomos. El átomo es, a su vez, un sistema constituido por un núcleo y por electrones que giran en torno a él, de manera parecida a como giran los planetas en el sistema solar (figura 4).

El núcleo tiene carga positiva y está formado por dos partículas más elementales, llamadas protón y neutrón. En tanto, los electrones son gránulos de electricidad negativa que, en conjunto, neutralizan la carga del núcleo; si ambas fuerzas se cancelan recíprocamente en su totalidad, se dice que el átomo que las contiene es neutro.

Los electrones son considerablemente más livianos que el protón o el neutrón, por lo que pueden desprenderse fácilmente de la fuerza que los une al núcleo, y con ello dar origen a fenómenos de flujos de carga eléctrica, más conocida como electricidad.

Cuando un átomo pierde electrones se convierte en ion positivo porque se ha descompensado, predominando una carga de esa clase (positiva); el átomo en cuestión queda así en disposición de atraer las partículas perdidas para mantenerse equilibrado. Por el contrario, cuando gana electrones se convierte en ion negativo y queda en disposición de expeler los electrones sobrantes que le producen una carga de esa clase (negativa). De hecho, podemos decir que todo fenómeno eléctrico puede explicarse en última instancia como el ***intento*** de un grupo de átomos por conservar un equilibrio eléctrico entre sus protones y sus electrones.

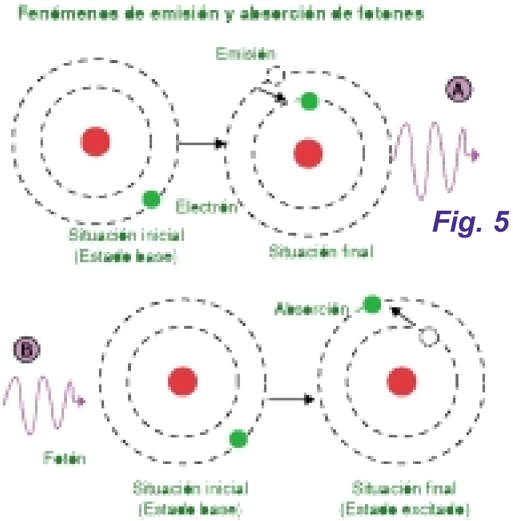


Fig. 5

ABSORCIÓN Y EMISIÓN

El átomo es un sistema que, además, posee un determinado nivel de energía. Si dicho sistema es sometido a una radiación *—es decir, a la acción o golpeo de paquetes o cuantos de energía—* se produce entonces un aumento en el estado energético que posee; en este caso, como los electrones son las partículas que poseen menos masa, saltan fácilmente de una órbita cercana al núcleo (de baja velocidad) a otra más alejada (de mayor velocidad); en ese momento podemos decir que el átomo ha pasado a un estado de ***excitación***.

Y al contrario, cuando los electrones regresan a una órbita más cercana al núcleo es porque el átomo ha cedido una cierta cantidad de energía en forma de fotones, con lo que decimos que el átomo nuevamente está en su estado ***base***. Para entender mejor esta idea recurramos a la figura 5.

En la parte A de la figura, partimos de una situación inicial en la que tenemos un átomo que posee cierta cantidad de energía; dicho átomo contiene un electrón que gira en una órbita intermedia cualquiera; si el átomo emite un fotón, se producirá un salto del electrón hacia una órbita más cercana al núcleo.

Ello sucede porque el fotón emitido representa una pequeña pérdida de energía del electrón, y esto, a su vez, significa que el núcleo lo puede atraer con más facilidad. (Recuerde que la energía del núcleo atrae el electrón, pero la velocidad de giro de éste le permite cierta posibilidad escapatoria; de ahí entonces que se desarrolle tanto una fuerza centrífuga como una centrípeta al interior del átomo. Esta combinación de fuerzas contrarias es lo que determina la distancia a la que gira el electrón en torno al núcleo.) A este fenómeno se le llama ***emisión***, y es en principio el responsable del fenómeno de la luz, ya que cada fotón emitido es, de hecho, luz emitida.

En la parte B de la figura se presenta una situación inversa, en la que el átomo en lugar de ver dis-

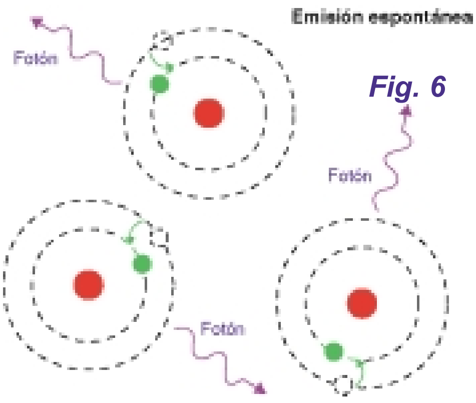


Fig. 6

minuida su energía por la emisión de luz (fotón), la ve aumentada por la llegada de un paquete o cuanto de energía. Cuando esto sucede, el fenómeno se conoce con el nombre de absorción, y a él se debe que disminuya la cantidad inicial de luz; en este caso, el átomo en cuestión pasa de su estado base a un estado excitado, en el que ha ganado energía, permitiendo que el electrón se traslade a una órbita más lejana del núcleo.

Fuentes Convencionales de Luz

Con todo lo anterior, podemos deducir fácilmente cómo funcionan las fuentes tradicionales de luz que todos conocemos, y por qué es necesaria una fuente de energía para mantenerlas funcionando. Las fuentes convencionales o clásicas de luz son, sencillamente, una vela, una lámpara incandescente, el sol etc. Producen luz porque los átomos en su interior han sido excitados más allá del límite estable, por lo que de forma espontánea sus electrones están brincando a órbitas de baja energía, liberando durante este proceso suficientes fotones para producir una luz apreciable.

Por ejemplo, la luz incandescente tiene como fuente energética la corriente eléctrica, que -como ya dijimos- no es más que una enorme cantidad de electrones fluyendo de un punto a otro. En este flujo, estas partículas chocan contra los electrones del material incandescente del foco, obligándolos a pasar a una órbita superior de alta energía. Como dicho estado no es muy estable, los electrones tarde o temprano caen a su órbita normal, liberando en el proceso un fotón. Ya estando en su órbita normal, existe la posibilidad de que llegue nuevamente un electrón viajero y choque con él regresándolo a una órbita de alta energía, y el proceso se repite una y otra vez mientras haya flujo eléctrico a través del material del foco. Lo mismo podemos decir de una vela, pero en este caso la fuente de energía externa es la combustión del material. Ahora bien, la luz que emana de estas fuentes se denomina ***luz incoherente*** porque surge como un conjunto de ondas que se refuerzan o cancelan entre ellas, según su dirección. Ver la figura 6.

Se dice que la incoherencia de este tipo de luz es espacial porque se trata de luz emitida al azar por átomos alejados entre sí, y llega a un punto por trayectorias ópticas diferentes.

La incoherencia también es temporal porque la luz emitida es de diferentes frecuencias, lo que la hace ser policromática. En suma, la luz que emana de las fuentes convencionales es incoherente espacial y temporalmente; en cambio, la luz que surge del láser –según veremos más adelante- es coherente espacial y temporalmente, lo cual le brinda características cruciales que la diferencian completamente de la luz surgida de fuentes convencionales. En otras palabras: la luz del láser emana en forma de rayo y es de un solo color; la luz del otro tipo de fuentes se propaga en forma de radiaciones en diferentes direcciones y es policromática.

Emisión Inducida o Estimulada

En este caso tenemos un átomo en estado excitado que es golpeado por un fotón; en consecuencia, el átomo puede emitir dos fotones, con lo que retorna al nivel energético correspondiente al estado base, saltando el electrón no a una órbita superior, sino a una inferior (figura 7). A este fenómeno se le llama ***emisión inducida o estimulada***, y constituye el principio de operación del láser; fue descubierto por Einstein en 1917.

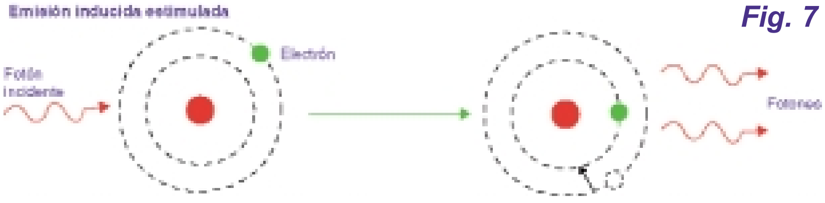
En esencia, como puede deducir el lector, la emisión estimulada consiste en provocar el retorno de un átomo excitado a su estado base, golpeándole con un fotón incidente; ello produce la emisión de dos fotones con las mismas características y dirección de propagación, las cuales son determinadas por el fotón incidente. Según este fenómeno, la luz puede ser amplificada por medio de la emisión estimulada de radiaciones.

Estructura Básica del Láser

Consideremos ahora un sistema formado por un conjunto de átomos, algunos en su estado base y otros en estado excitado. Si golpeamos a este sistema con un fotón, se verificará en su interior tanto el fenómeno de emisión inducida como el de absorción de fotones.

El primero producirá la expulsión de paquetes de energía de algunos átomos, en tanto que el segundo tenderá a hacerlos desaparecer. Es decir, por un lado se amplifica el efecto del fotón incidente, pero por otro tiende a nulificarse; el resultado final dependerá del número de átomos que se encuentran en estado excitado y del número de ellos que se hallen en su estado base. Para que se produzca al final una amplificación del efecto, la cantidad de átomos en estado excitado

Fig. 7



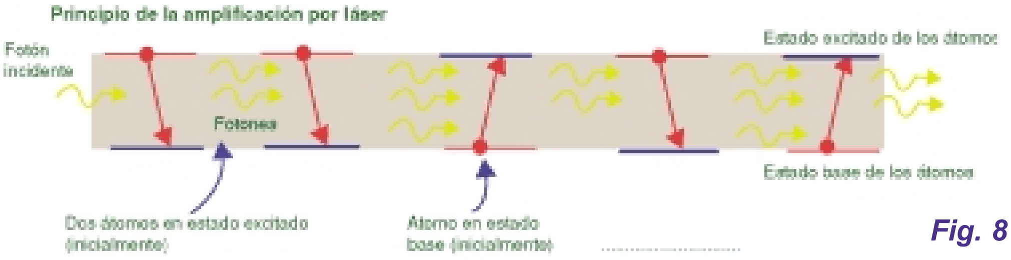

Principio de la amplificación por láser
Fotón incidente
Fotones
Estado excitado de los átomos
Estado base de los átomos
Dos átomos en estado excitado (inicialmente)
Atomo en estado base (inicialmente)

Fig. 8

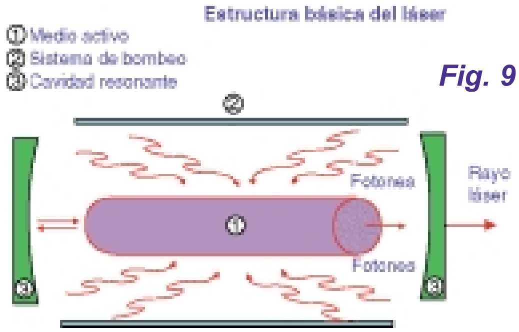

Estructura básica del láser
① Medio activo
② Sistema de bombeo
③ Cavidad resonante
②
Fotones
①
Rayo láser
Fotones
③
③

Fig. 9

deber ser mayor al número de ellos en su estado base. Ejemplifiquemos esto con la figura 8.

Las líneas horizontales superiores representan al estado excitado de los átomos que componen al sistema atómico en cuestión, y las líneas inferiores representan al estado base. Al golpear a un átomo excitado con un fotón emite, a su vez, dos fotones y decae su nivel de energía a su estado base; posteriormente, estos dos fotones resultantes golpean a otro átomo excitado, produciéndose el mismo fenómeno de amplificación. Estos tres paquetes de energía se proyectan ahora contra un átomo que se encuentra en su estado base, por lo que ahora se emiten solamente dos fotones y el último átomo golpeado absorbe energía, quedando al final en estado excitado.

Y así sucesivamente, tendremos un proceso de emisión-absorción de fotones. Para que al final prevalezca el efecto de amplificación propio de la emisión inducida, es necesario que el número de átomos en estado excitado sea constantemente mayor al número de ellos en su estado base, lo cual requiere de un sistema de bombeo que brinde selectivamente a los átomos la energía necesaria. Así pues, el sistema de bombeo es el encargado de proporcionar un elevado flujo de energía (fotones) a un cierto conjunto de átomos –en el que ocurren los procesos de absorción y emisión inducida-, el cual recibe el nombre de ***medio activo***. Este puede encontrarse en cualquiera de los estados de la materia: sólido, líquido o gaseoso; sin embargo, a pesar de que se ha logrado que persista el efecto amplificador de la emisión inducida, al aplicarse al medio activo un sistema de bombeo, debido a la duración de cada fotón en el citado medio activo es pequeñísima –ya que los fotones viajan a la velocidad de la luz-, el proceso de la emisión estimulada es incapaz de extraer toda la energía que el sistema de bombeo deposita en el medio activo.

Para resolver este problema debe hacerse uso de un elemento denominado ***cavidad resonante***, que consiste en un par de espejos paralelos colocados en los extremos del medio activo, tal como podemos ver en la figura 9.

Cada fotón que se refleja en el espejo rebota y dirige nuevamente hacia el medio activo, permitiendo así una expansión mayor de la emisión de fotones.

Sin embargo, advierta que sólo uno de los espejos refleja todos los fotones incidentes en él y que el otro deja escapar una pequeña cantidad de ellos. Este número pequeño de fotones que escapan de uno de los espejos de la cavidad resonante, es lo que viene a constituir el rayo de luz láser. Dicho haz de energía así emitido posee las características de coherencia espacial y temporal; en otras palabras, la luz que emite el láser surge a partir de un cierto punto y es monocromática, a diferencia de la luz incoherente que emiten las fuentes de luz convencionales.

Ya sabemos entonces que el láser es una fuente de radiación integrada por un medio activo, un sistema de bombeo y una cavidad resonante; conviene ahora aclarar que la radiación se ubica en la región visible, infrarroja o ultravioleta del espectro electromagnético, aunque ya se habla de un láser que puede operar a las longitudes de onda de los rayos X. Recordemos que, desde el punto de vista de la física moderna, la única diferencia que existe entre la luz visible, los rayos X, infrarrojos y ultravioleta, las ondas de radio, de televisión, etc. estriba en las distintas longitudes de onda de esas radiaciones. El espectro electromagnético comprende una gran variedad de ondas electromagnéticas, que van desde rayos cuya longitud de onda es de una cienbillonésima fracción de centímetro *—como los cósmicos-*, hasta ondas de radio con longitudes infinitas. El hombre percibe sólo una diminuta fracción de este espectro (figura 10).

CONSIDERACIONES FINALES

Para finalizar, insistimos en que

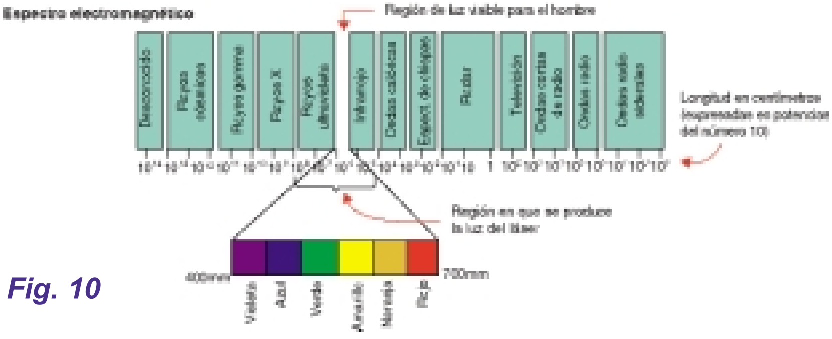

Espectro electromagnético
Región de luz visible para el hombre
Desconocido
Rayos cósmicos
Rayos gamma
Rayos X
Rayos ultravioleta
Infrarrojo
Ondas caloricas
Espect. de ologías
Radar
Televisión
Ondas cortas de radio
Ondas radio
Ondas radio siderales
Longitud en centímetros (expresadas en potencias del número 10)
1
Región en que se produce la luz del láser
400mm
700mm
Violeta
Azul
Verde
Amarillo
Naranja
Rojo

Fig. 10

el láser es una fuente de luz producida y sobre todo amplificada por la llamada emisión inducida o estimulada, la cual es diferente a la emisión espontánea en que se basan las fuentes de luz convencionales. Las propiedades más importantes del haz del láser son:

a) Gran intensidad y posibilidad de ser concentrada en un objeto.

b) Gran coherencia espacial, lo que permite que la luz emane prácticamente de un punto bien definido.

c) Gran coherencia temporal, lo cual significa que la luz del láser es casi monocromática, o sea, tiene un solo color o longitud de onda.

d) Gran directividad, hecho que permite que el haz del láser tenga una divergencia inapreciable en su anchura a lo largo de grandes distancias.

Estas cuatro características, por supuesto, no las posee la luz emitida por fuentes convencionales; de ahí se deriva, entonces, la gran aplicación que tiene la luz del láser en la medicina, en la fusión termonuclear, en las telecomunicaciones, en la industria, etc.

Probador de Transistores

El téster mide tensiones, el valor de una resistencia, una corriente, etc. También puede ser que midan transistores pero, muchas veces, el resultado no es correcto. Si aplicamos a la **B**ase de un transistor una corriente conocida y luego, medimos en el **C**olector la corriente proporcionada, obtendremos la medición de la ganancia, de la siguiente forma:

I (mA) Colector = I (mA) Base = Ganancia

Como primera instancia, debemos conocer en forma exacta la corriente en µA que circulan por la Base. Para nuestro circuito, usaremos dos operacionales, uno para adquirir una tensión de referencia de 1V y el otro como generador de corriente constante. De esta forma se obtendrá una corriente constante y estable. Si tenemos una tensión de 1V, para lograr una corriente de 0,01mA debemos conectar en serie con la Base del transistor una resistencia que se calcula como:

$$\Omega = (V / mA) \times 1.000$$

Por lo tanto, la resistencia R5 será de 100.000Ω. Para comprobar el valor de R5 (100.000Ω) debemos observar el esquema electrónico de la figura 1.

Tomando en cuenta este valor, la corriente del operacional que transita en la unión **Base-Emisor** es igual a 0,01mA. De esta manera podemos determinar en forma exacta el valor de la ganancia, al ser estables la corriente de base y la tensión Base-Emisor (Vbe). Haciendo uso de este circuito con ambos operacionales, ni la pila, ni la Vbe, ni la temperatura podrán afectar nuestra medición, cosa que sería diferente si para medir nuestro transistor bajo prueba utilizáramos un transistor con polarización fija.

Si cerramos el interruptor S1 en el circuito de la figura 1, se alimentará el circuito con una tensión de 9V. La tensión para el primer operacional, se adquiere mediante los extremos del diodo zéner de precisión DZ1, de 3,3V.

El diodo zéner posee dos preset (R2-R3) en los extremos, y el punto de unión conectado a la entrada no inversora del segundo amplificador operacional. De esta manera, la entrada tendrá una tensión de 4,5V, justamente la mitad de la tensión de alimentación. Si desplazamos S2 hacia la posición NPN y giramos el preset R2 de un extremo a otro, podemos obtener una tensión variable en la pata 3 no inversora del primer operacional, que tendrá un mínimo de 4,5V y un máximo de 6V. Si desplazamos S2 a la posición PNP y la misma pata tiene una tension variable, podremos obtener un máximo de 4,5V y un miínimo de 3V.

De esta manera, en la pata de salida de CI1A y en ambos terminales de ***test point(ver TP1)***, contaremos con una tensión positiva en la posición NPN comprendida entre 0 y 1,4VG, en cambio, en la posición PNP contaremos con tensión negativa, entre 0 y 1,4V.

Por lo tanto, ambos pre-set, R2 y R3, se regulan para obtener una tensión de 1V positivo en TP1

Lista de Materiales

CI1 - TLo82 - Operacional con entrada FET.
DZ1 - Diodo zéner de 3,3V x 1W
D1 a D4 - 1N4148 - Diodos de uso general.
S1 - Interruptor simple
S2 - Llave doble inversora
R1= 1k‰
R2, R3 - Pre-set de 10k‰
R4 - 1k‰
R5 - 100k‰
C1 - 100 F x 16V - Electrolítico
C2 - 0,1 F - Cerámico
C3, C4 - 10 F x 16V - Electrolítico

Varios:
Gabinete para montaje, zócalos para el integrado, estaño, zócalos para los transistores a probar, etc.

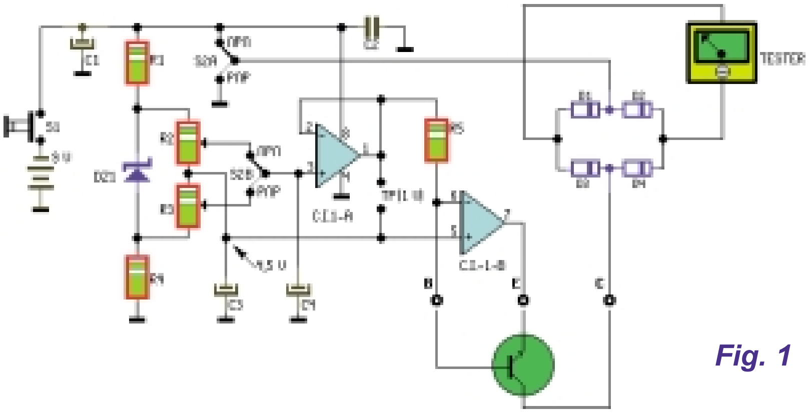


Fig. 1

cuando S2 se encuentra en NPN, y una tensión de 1V negativo cuando se encuentra en PNP.

Con esta tensión, podrá circular en la base del transistor puesto a prueba (por medio de R5 de 100.000 Ω), una corriente de 0,01mA.

Ahora, veremos cómo invertir la polaridad en ambos terminales ***Emisor y Colector.***

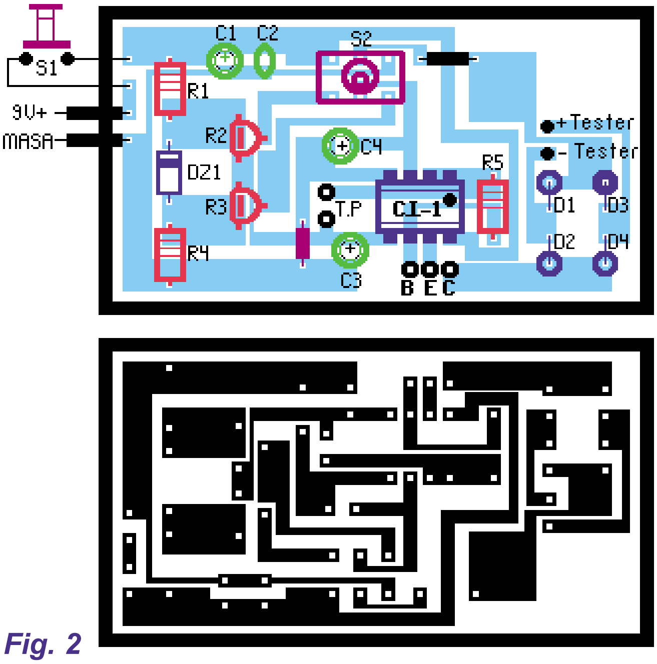


Fig. 2

La polaridad negativa deberá conectarse al Emisor de todos los transistores de NPN y la positiva sobre el Colector, mientras que en los PNP la polaridad debe ser inversa a la recién establecida.

La inversión de polaridad en el transistor puesto a prueba se realizará mediante el primer operacional.

Cuando una tensión positiva llega a la Base del transistor mediante la R5, ésta tambien ingresa a la pata inversora (6) de CIB1, teniendo un nivel lógico "0" (tensión a nivel masa) en la pata de salida 7. En cambio, cuando una tensión negativa ingresa a la base del transistor en la patita de salida 7, hallaremos un nivel lógico "1" (valor máximo de tensión positiva).

La llave inversora cumplirá la función de invertir la polaridad en Colector del transistor.

Al colocar la llave en posición NPN, el cursor del S2A tendrá tensión positiva de la pila de alimentación y la traslada a los cuatro diodos D1 a D4, que se encuentran conectados en puente.

De esta manera, del diodo D2 pasará la tensión positiva hacia el instrumento a colocar en nuestro medidor, y atravesando D3 alcanzará el Colector del transistor. Al invertir la llave, el cursor tendrá ahora una tensión negativa, la cual se aplica a los cuatro diodos.

Pasará de esta forma, del diodo D1 al instrumento, una tensión negativa que alcanzará el Colector del transistor por medio del diodo D4.

En el caso que accionemos los interruptores, invertiremos la polaridad de la alimentación en los terminales **E-B-C** de un transistor, de hecho podremos medir cualquier transistor PNP o NPN.

Si conectamos el téster a los terminales de salida que se encuentran sobre el puente de diodos, obtendremos la ganancia del transistor.

El téster podemos utilizarlo para mediciones en corriente CC.

Recomendamos para la medición, comenzar de la ganancia máxima, o sea desde 5mA, y si deseamos obtener una mayor precisión, se pasa a 1mA o a 0,5 mA, es decir, 500µA, en el caso que el transistor tenga una ganancia menor a 50. Debemos desplazar el interruptor S2 hacia la posición NPN, luego ubicaremos el téster en los terminales TP1, con el positivo hacia la salida de ICA.

El téster debe estar preparado para medir a fondo escala 3V o la tensión más próxima según su multímetro. En este momento existe tensión en el circuito, por lo tanto se debe girar R2 para obtener 1V. Finalizado este proceso, apagaremos el probador, se ubica S2 en PNP y se invierten las pinzas del téster en los terminales TP1, quedando el negativo hacia la salida de IC1A. Nuevamente encendemos el aparato y giramos R3 hasta que alcance 1V. Debemos tener en cuenta, también que, comprobando la corriente de Base, podemos realizar el ajuste de ambos pre-sets, precisaremos de dos transistores de silicio de baja potencia, uno de tipo PNP y el otro de tipo NPN.

Cuando tenemos los transistores, se conecta el téster ajustado en medición CC, entre la salida B del probador y la base del transistor puesto en prueba. Teniendo en cuenta, además, un fondo escala de 30-50µA. Si conectamos un transistor NPN, giraremos R2 hasta alcanzar los 10µA y montando un transistor PNP, giramos R3 hasta llegar a la misma corriente del primero. Si ponemos en práctica estas mediciones, no será necesario que el colector esté conectado al conector C, de hecho se podrá sacar el téster del rectificador y usarlo para esta medición. Tenga en cuenta que si los transistores en prueba están en corto, se podría dañar el téster. ******************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo, Felipe Orozco y Leopoldo Parra Reynada.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Curso de Televisión

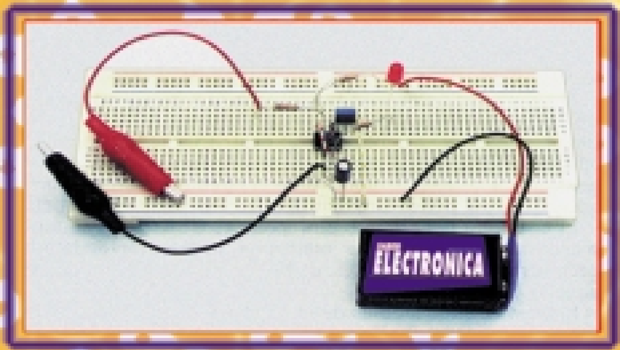
12

El Mundo de la Electrónica

TV - AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Construya un Generador de Barras



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 12

TELEVISIÓN

Cómo transmitir imágenes........................179
El Receptor de TV.......................................182
La antena de TV...183
Antenas externas..184
Antenas para varios canales....................185
  a) Antena Yagui.......................................185
  b) Antena cónica 186
  c) Antena logarítmica periódica.........186
TV por satélite 186
El cable de bajada.....................................187
El sintonizador de canales........................187
La etapa amplificadora de FI de video..188
Neutralización y ajustes 189
El control automático de ganancia (CAG) 189
Los circuitos de sincronismo 190
El sincronismo vertical 190
El sincronismo horizontal 191
Los circuitos de sincronismo 191

GENERADOR DE BARRAS

Circuito del generador...........................192

Cupón Nº 12

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ___________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 12

Curso Básico de Televisión

CÓMO TRANSMITIR IMÁGENES

Los micrófonos pueden captar ondas sonoras y convertirlas en señales eléctricas, las cuales modulan las ondas de radio y pueden ser transmitidas, así, a la distancia. Para recuperar los sonidos, basta amplificar las corrientes eléctricas y aplicarlas en parlantes que se encargan de su reproducción.

Se puede hacer lo mismo con las imágenes?

Naturalmente el lector sabe que sí, pues todos poseen aparatos de TV en su casa. Pero es necesario comprender bien el mecanismo...

Una imagen es mucho más compleja que un sonido, lo que exige más que un simple transductor, tipo micrófono, conectado a un transmisor.

La información correspondiente al sonido tiene solamente una dimensión: la onda incide de modo constante sobre el micrófono, que varía con el tiempo. Una imagen no. La misma tiene dos dimensiones (en verdad tiene tres, ¡pero todavía no tenemos televisión tridimensional!) y esto plantea un serio problema para su captación.

Si tuviéramos una imagen correspondiente a una X, como muestra la figura 1, para transmitirla, nuestra primera preocupación sería reducir sus dimensiones, o sea: convertirla en una imagen de solamente una dimensión, o también, en una forma diferente. Este recurso que usamos es también empleado cuando deseamos copiar un dibujo muy complicado. En lugar de tomar el dibujo como un todo, lo dividimos en sectores, como muestra la figura 2.

Después, "barremos" la figura, copiando cada sector, o cada cuadradito separadamente, lo que es mucho más fácil. Juntando los cuadraditos, tenemos la recomposición del diseño.

Del mismo modo, en televisión, para transmitir la imagen, lo que se hace, en primer lugar, es la descomposición en líneas que poseen claros y oscuros, y es esta información la que es llevada a su televisor, donde se la recompone. Si puede examinar de cerca un televisor en blanco y negro, verá que la imagen está formada por 625 líneas paralelas horizontales, que presentan claros y oscuros. Lo importante en este sistema es que nuestra vista no percibe realmente las líneas, pero sí la imagen en su totalidad, siempre que el número de líneas usado sea suficientemente grande.

Nuestra vista posee una característica, que se llama capacidad de resolución, que nos impide distinguir objetos separadamente, si hay entre ellos distancias muy pequeñas. Dos puntos dibujados en una hoja se ven como uno solo (fundidos) si alejamos esta hoja de nuestra vista hasta una cierta distancia.

Volviendo al problema de la transmisión de la imagen, todo lo que necesitamos entonces es un sistema que "explore" la imagen en líneas horizontales, que transmita las informaciones de claros y oscuros y que permita su recomposición en un aparato distante. Para que tengamos una imagen de buena definición, o sea, que sean visibles detalles pequeños, será necesario un cierto número de líneas, que en el caso de la TV en Argentina es de 625. Pero esto no es todo. Recuerde que una imagen de TV normalmente está en constante movimiento. Si la "exploración" de la imagen fuera muy lenta, cuando llegamos a su final, el objeto que estamos enfocando ya cambió de posición. La solución para obtener el movimiento, o sea, para poder transmitir imágenes en movimiento, es la misma adoptada en el caso del cine y basada en la persistencia retiniana.

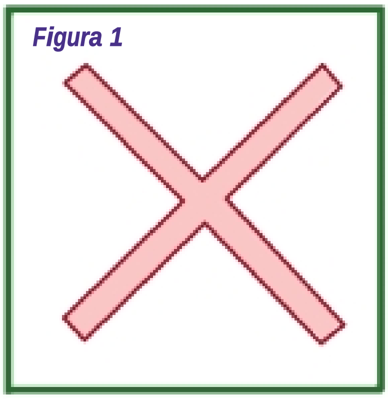


Figura 1

Del mismo modo que nuestros ojos no pueden separar puntos muy cercanos en una imagen, también sufren una cierta **"confusión temporal"**, o sea, no pueden distinguir dos fenómenos sucesivos muy próximos, tal como se muestra en la figura 3.

Si usted pasa su mano varias veces, muy rápidamente delante de una imagen, interrumpirá la visión y su vista no conseguirá ver esta interrupción y **"compondrá"** la imagen.

Una lámpara que guiñe rápidamente en una frecuencia mayor que 10Hz, o sea, 10 guiños por segundo, no podrá ser vista como una sucesión de destellos, sino como si estuviera encendida continuamente, pues nuestra vista no puede distinguir guiños sucesivos a menos de 0,1 segundo.

El cine aprovecha este hecho, del siguiente modo:

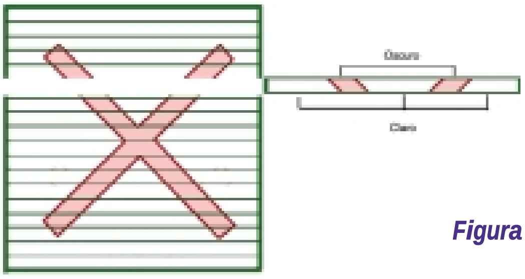
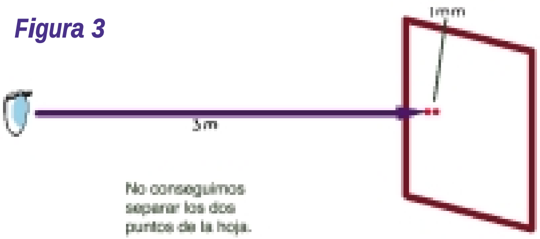


Figura 2

Figura 3



No conseguimos separar los dos puntos de la hoja.

Figura 4

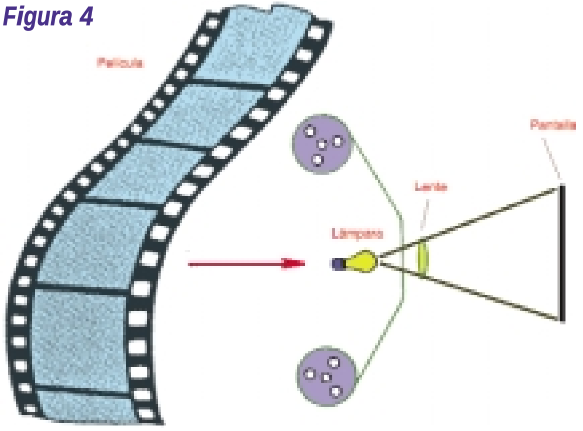


Figura 5

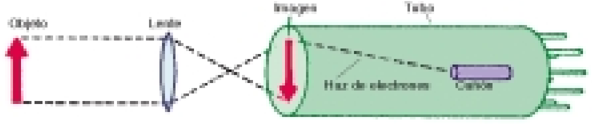
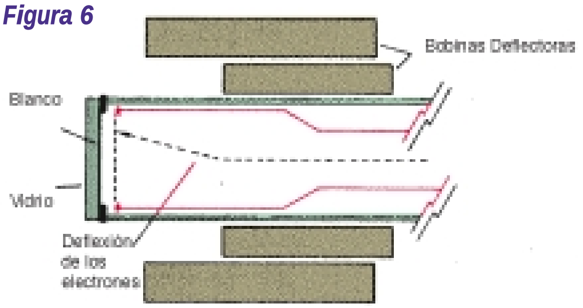


Figura 6



Para que tengamos la sensación de movimiento en las imágenes proyectadas, basta hacerlo con gran velocidad. Una película cinematográfica no es más que una sucesión de fotografías (quietas) que son proyectadas rápidamente, de modo que percibimos las alteraciones de una a la otra como movimiento, pero no vemos el pasaje de una a otra. Vemos solamente que la escena se va modificando continuamente.

En el caso del cine, la proyección se hace a razón de 24 cuadros por segundo.

En la televisión, la transmisión se hace a razón de 50 cuadros por segundo. En suma, en cada ***"cuadro"*** se debe tener la exploración completa de la imagen que se convierte en claros y oscuros, los cuales modulan el transmisor en forma de menor o mayor tensión, y ese cuadro es recompuesto en la pantalla de su televisor.

La sucesión rápida de cuadros no es percibida por nuestra vista y tenemos la sensación de una imagen que se modifica continuamente, o sea, podemos tener una reproducción de los movimientos del objeto enfocado (recordemos que el intervalo mínimo en que podemos percibir fenómenos sucesivos es de 0,1 segundo, (tal como se grafica en la figura 4).

LA CÁMARA DE TELEVISIÓN

El punto de partida de la imagen que llega a su televisor es la cámara de TV, pues ella **"capta"** la escena y la transforma en señales eléctricas que pueden ser transmitidas por un equipo convencional.

Para entender la televisión debemos partir de la cámara, pues es ella la que forma la imagen que llega a nuestro televisor.

Como vimos en el punto anterior, la imagen debe ser ***"barrida"***, dividida en líneas para que cada línea, que consiste en una sucesión de claros y oscuros, pueda ser transmitida. La recomposición de estas líneas en el televisor permite recomponer la imagen original. El elemento básico de una cámara de TV es un tubo denominado ***"Vidicón"*** que tiene la estructura que aparece en la figura 5. (También existen otros denominados ***"Orticón" y "Plumbicón"***, pero el más común es el ***"Vidicón"***.)

En la parte frontal del tubo existe una lente común de vidrio, cuya finalidad es enfocar la escena sobre una superficie fotosensible (figura 6). Esta superficie presenta una propiedad denominada fotoconductividad, que consiste en la disminución de la resistencia por la liberación de cargas en presencia de la luz.

Los materiales que se pueden usar en la fabricación de esta superficie son el plomo, el telurio y el selenio. Por detrás de la superficie fotosensible, el tubo de vidrio se prolonga y termina en un cañón electrónico. La finalidad de este cañón electrónico es producir un haz de electrones que incidirá en la superficie fotosensible.

Un sistema externo formado por bobinas alrededor del cañón electrónico permite modificar su dirección. Así, aplicando una señal de forma determinada a las bobinas, podemos desplazar el haz de electrones de modo que el mismo **"barra"** la placa fotosensible, explorando así la imagen proyectada por la lente. Ocurre entonces lo siguiente en este ***"barrido"***: cuando el haz de electrones del cañón electrónico pasa por un punto claro de la imagen proyectada, la liberación de cargas hace que la resistencia obtenida sea disminuida y la señal tiene intensidad mayor en la salida. Cuando el haz explora un punto oscuro la resistencia es mayor. La resistencia varía entre 2 y 20MΩ para los tubos de cámara de este tipo. Obtenemos en la salida una corriente variable, que corresponde justamente a los claros y oscuros de cada línea explorada por el haz. La señal de video, como se la llama, tiene entonces intensidades correspondientes a cada línea transmitida.

Pero la cosa no es tan sencilla. Faltan resolver algunos problemas adicionales. Una vez transmitida la línea, por ejemplo, se debe también enviar una señal hacia el receptor para que el haz de electrones o el barrido vuelva al comienzo de la pantalla e inicie otra línea. Para que la imagen del televisor corresponda a la imagen captada por la cámara debe haber sincronismo entre ellas. Así, entre cada línea debe existir una señal de sincronismo que es mostrada en la misma figura 7.

Además la misma señal de TV debe también transmitir el sonido. El lector puede percibir fácilmente que una sucesión de informaciones tan grande como corresponde a una imagen completa más el sonido, precisa un canal de ancho mucho mayor que los 5kHz de la AM, o incluso de la FM. De hecho, para TV el canal usado tiene un ancho mucho mayor, de 6MHz, lo que exige una banda especial para su transmisión.

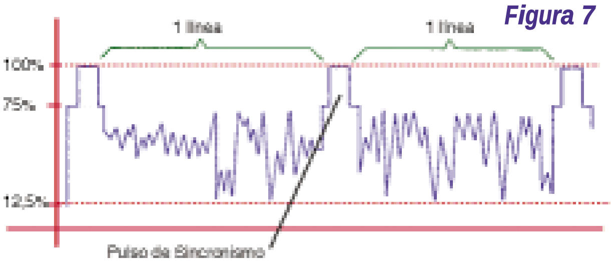


Figura 7

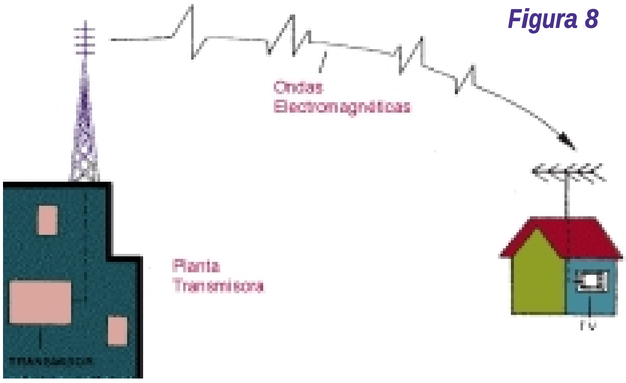


Figura 8

La Transmisión de TV

Las señales provenientes de la cámara de TV y también de los micrófonos colocados en el estudio deben ser transmitidas por ondas electromagnéticas (ondas de radio) hasta su casa, como sugiere la figura 8. Sin embargo, cuando una imagen está descompuesta en líneas, del modo que vimos en la lección anterior, posee muchos más detalles que un sonido audible, como es captado por un micrófono. Para transmitir señales de una frecuencia hasta 5kHz, necesitamos una banda de frecuencias de por lo menos 10kHz de ancho, lo que significa una limitación para el número de estaciones de ondas medias y cortas, por ejemplo.

Para FM, como la banda de sonidos transmitidos es mayor, la banda de frecuencias usadas es también más ancha. Así, una banda de FM puede ocupar un canal hasta 10 veces más ancho que un canal de AM, para que las emisiones de sonido estereofónico con señales de decodificación puedan ser realizadas sin problemas de interferencias.

En el caso de TV, la banda de frecuencia para cada canal debe ser todavía más ancha.

`Vea que debemos transmitir al mismo tiempo información del sonido y de la imagen sin que una interfiera sobre la otra!

El patrón de TV usado en nuestro país prevé para la transmisión de imagen una banda del orden de los 4,2MHz de ancho. Todo el canal ocupa una banda de 6MHz, ya que hay que transmitir también el sonido. En la figura 9 tenemos la ubicación de la señal de sonido y de imagen (portadora de sonido y de imagen) para un canal de TV.

Así, existe una separación de 250kHz entre el límite superior de la banda destinada al canal y la portadora de sonido. Del mismo modo, la señal de video se sitúa 1,25MHz por encima del límite inferior del canal. Mientras la señal de video es modulada en amplitud, la señal de sonido es modulada en frecuencia.

La banda de frecuencias que deben ocupar los canales, básicamente, es de VHF (Very High Frecuency) situada entre 54 y 216MHz separada en dos grupos según la siguiente tabla:

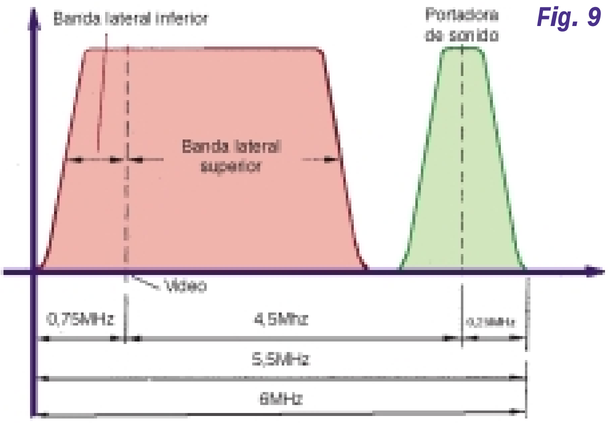


Fig. 9

a) Canales bajos:
canal 2 - ocupando de 54 a 60 MHz
canal 3 - ocupando de 60 a 66 MHz
canal 4 - ocupando de 66 a 72 MHz
canal 5 - ocupando de 76 a 82 MHz
canal 6 - ocupando de 82 a 88 MHz

Entre el canal 4 y el 5 quedan libles 4MHz usados en otras aplicaciones.

b) Canales altos:
canal 7 - ocupando de 174 a 180 MHz
canal 8 - ocupando de 180 a 186 MHz
canal 9 - ocupando de 186 a 192 MHz
canal 10 - ocupando de 192 a 198 MHz
canal 11 - ocupando de 198 a 204 MHz
canal 12 - ocupando de 204 a 210 MHz
canal 13 - ocupando de 210 a 216 MHz

Mientras tanto, existe una segunda banda de canales de TV, denominada de UHF (Ultra High Frecuency), usada principalmente en retransmisión de señales para localidades distantes, que va de 470MHz a 890MHz y que comprende los canales de 14 a 83.

Las señales de estas bandas, tanto UHF como VHF, tienen un comportamiento diferente de las señales de radio de ondas medianas y cortas. Mientras las señales de radio de ondas medias y cortas pueden reflejarse en las capas altas de la atmósfera (ionósfera) y así alcanzar grandes distancias, principalmente de noche, las señales de TV no lo hacen. (fig. 10). Con esto, el alcance de las transmisiones de TV no depende de la potencia de la estación, como en el caso de la radiodifusión, sino que es más o menos fijo, se limita a la línea visual, o sea, hasta ***"donde la vista puede alcanzar".***

En verdad, el alcance es un poco mayor que el horizonte visual, pues puede aumentárselo con la elevación de la altura de la antena, tanto de la estación transmisora como de la estación receptora.

Es por este motivo que las transmisoras colocan sus antenas en lugares bien altos; además: cuanto más lejos viva usted de una estación que desea captar, tanto más alta debe colocar su antena. (fig. 11). En la figura 12 ilustramos lo que ocurre cuando una estación distante debe ser captada por una antena baja. Las señales no llegan hasta la antena y no puede haber recepción.

En los transmisores de TV la potencia no es importante para el alcance, pero es importante para evitar un problema: la obtención de imágenes poco nítidas.

Con potencias elevadas se ga-

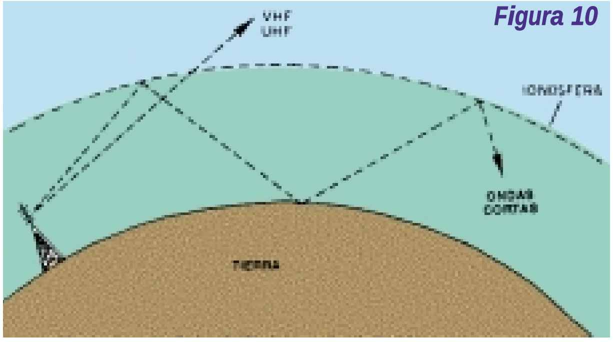


Figura 10

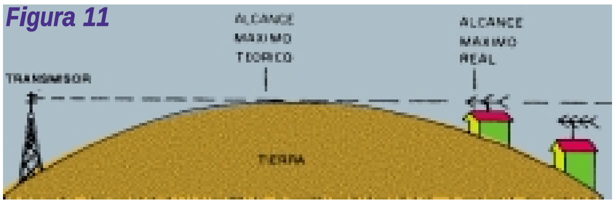


Figura 11

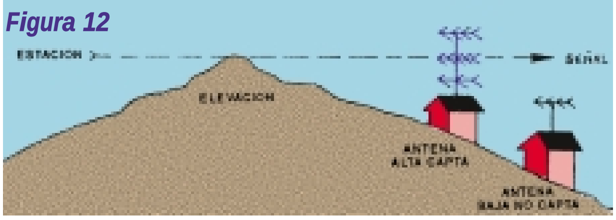
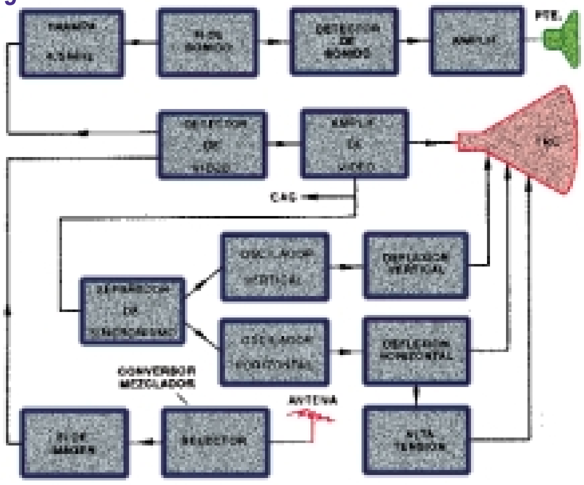


Figura 12

Figura 13



rantiza que dentro del alcance de las emisiones la señal llegue fuerte y con esto pueda vencer obstáculos e interferencias, tema del que hablaremos oportunamente.

El Receptor de TV

El receptor de TV o televisor recibe las señales enviadas por la estación y reproduce la imagen original y, evidentemente, también el sonido. En la figura 13 tenemos la estructura en bloques de un receptor, para que el lector tenga una idea preliminar de su complejidad. Para entender mejor cómo funciona el televisor, partimos de su elemento básico que es justamente el tubo de imagen, cinescopio o tubo de rayos catódicos (TRC) como también se lo llama. Este tubo puede ser analizado como el vidicom "al revés", o sea, como una cámara de TV "en sentido inverso".

En la figura 14 tenemos la representación básica de un tubo de TV en blanco y negro, ya que todavía no hemos hablado nada de TV en colores. (Entendiendo primero cómo funciona uno, será más fácil comprender cómo funciona el otro). El tubo de imagen o cinescopio tiene en su parte posterior un "cuello" estrecho que se denomina ***"cañón electrónico".***

De hecho, su función es disparar electrones contra la superficie plana recubierta de fósforo, para que la misma forme la imagen. Veamos cómo funciona este cañón electrónico. Tenemos un filamento de tungsteno, semejante al de las lámparas y válvulas, que al ser recorrido por una corriente se calienta y también calienta un electrodo denominado "cátodo". Este cátodo está conectado a una fuente de tensión negativa de modo que el mismo pueda disponer de una gran cantidad de electrones. De hecho, al ser calentado, se forma alrededor de este electrodo una verdadera ***"nube"*** de electrones que se denomina ***"carga espacial".***

La parte frontal del cinescopio está recubierta por una capa de material fosforescente. Para que los electrones puedan ser disparados por el cátodo caliente que los libera, éstos necesitan ser atraídos. Para ello existe también en la parte frontal del tubo una cobertura de material conductor que es sometida a una elevada tensión, del orden de miles de volt.

Los electrones que son liberados por el cátodo son entonces atraídos para la parte frontal del tubo con gran velocidad.

Para que estos electrones no se dispersen en este disparo, incidiendo en diversos puntos de la pantalla, es preciso que sean enfocados. (figura 15).

Esto se consigue con ayuda de electrodos adicionales y de electroimanes colocados en el cuello del tubo. Con estos electrodos se consigue que los electrones se concentren y formen solamente un haz que incide en un punto único de la pantalla. El punto en que los electrones inciden emite luz, aparece, por lo tanto, luminoso.

Como ya vimos, la imagen descompuesta por la cámara se ***"parte"*** en líneas que contienen informaciones de las zonas claras y oscuras que se están enfocando.

Para reproducir esta imagen debemos también barrer el tubo al formar líneas y variar la intensidad del punto luminoso para obtener nuevamente las zonas claras y oscuras. El haz de electrones debe entonces ser movido por la pantalla del cinescopio de manera de formar las líneas y también variar su intensidad de modo de reproducir los claros y oscuros. Para esto existen los llamados circuitos de deflexión.

Dos son los modos usados para deflexionar los electrones en el tubo de TV. Veamos cómo funcionan: El

Figura 14

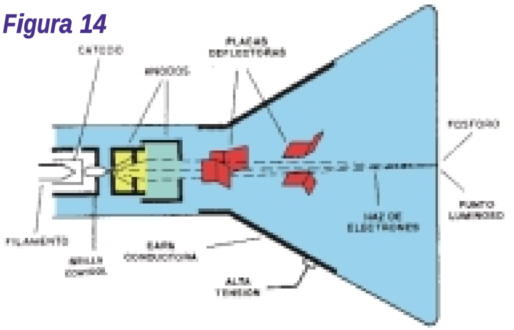


Fig.15

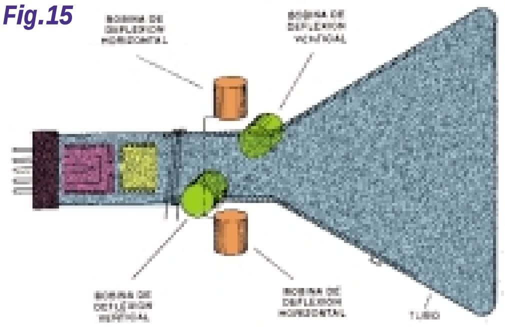

BOBINA DE DEFLEXION HORIZONTAL
BOBINA DE DEFLEXION VERTICAL
BOBINA DE DEFLEXION VERTICAL
BOBINA DE DEFLEXION HORIZONTAL
TUBO

Fig.16

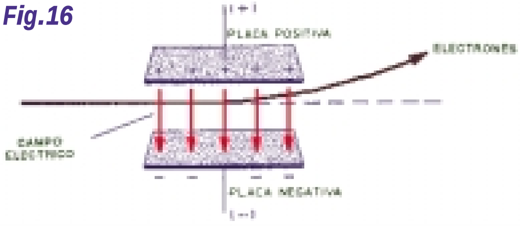


Fig.17

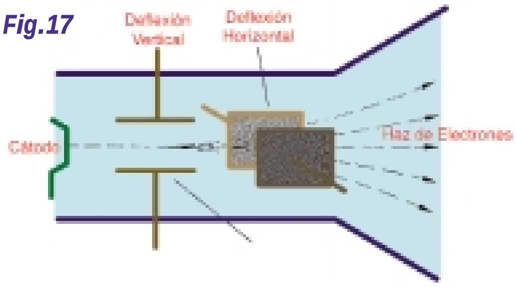
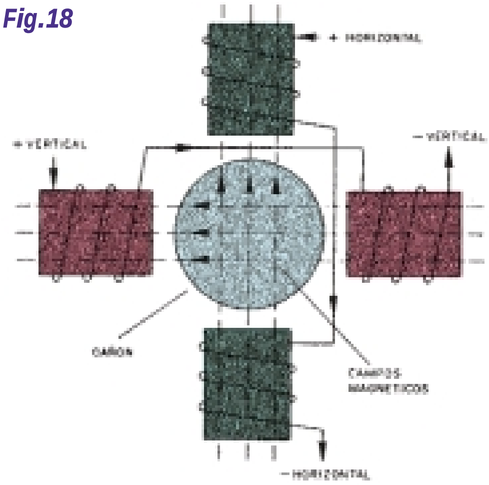


Fig.18



primero es el método electrostático. Si dos placas están cargadas eléctricamente, como muestra la figura 16, un haz de electrones que pase entre ellas sufrirá un desvío. La desviación será determinada por una repulsión de la placa negativa y una atracción de la placa positiva, pues los electrones, como ya sabemos, poseen cargas eléctricas negativas.

Cuanto mayor sea la carga de estas placas, o sea, mayor la tensión aplicada, mayor será la desviación que un haz de electrones sufrirá.

En los tubos de imagen de televisión podemos encontrar dos conjuntos de placas, ubicadas verticalmente de modo de hacer una deflexión del haz en el sentido vertical, y un conjunto ubicado horizontalmente para hacer la deflexión en el sentido horizontal, como muestra la figura 17. El otro tipo de deflexión que encontramos es la magnética. Si un haz de electrones entra en el campo magnético de un imán, habrá una deflexión, como muestra la figura 18.

Bobinas colocadas alrededor del cuello del tubo son usadas para hacer la deflexión de los electrones. Esta deflexión se hace en el sentido de lograr la convergencia de los electrones en un punto único, con las menores dimensiones posibles, y con lo que se obtiene idealmente un foco perfecto.

Vea el lector que, para que los electrones puedan moverse libremente en el interior del tubo, no debe haber ningún obstáculo. El tubo tiene en su interior un vacío, lo que significa que la presión interna es nula y la presión externa es la atmosférica. Por este motivo, los tubos están sujetos a una ***"implosión"*** en caso de un golpe violento.

LA ANTENA DE TV

En primer lugar, para que un receptor procese las señales que corresponden a las imágenes, es preciso que estas señales lleguen hasta el televisor con intensidad suficiente, sin problemas.

El responsable por la captación de las señales de TV y, por lo tanto, por más de la mitad de la calidad de la imagen en su aparato, es el sistema de antenas. Las antenas de televisión difieren de las antenas de radio, y también de las de FM, por diversos motivos.

El primer motivo es porque las frecuencias usadas por los canales de TV comprenden una banda mucho más amplia, como vimos en la lección anterior.

El segundo es porque las longitudes de onda más cortas y, por lo tanto, las frecuencias más elevadas, son más sensibles a la presencia de obstáculos, u otros problemas físicos.

El tercero es porque la imagen, por su número de detalles, es mucho más sensible que el sonido, a cualquier problema que pueda ocurrir con las señales que las transportan. Una antena no es más que un conjunto de conductores que puede interceptar las señales de alta frecuencia que se propagan en la forma de ondas electromagnéticas. Un conductor colocado en el camino de una onda, al ser interceptado, se ve sometido a un proceso de inducción, aparecerá así una tensión correspondiente a la señal en puntos determinados.

Para que el elemento funcione como un sistema eficiente de captación de señales, su formato y sus dimensiones deben tener relación determinada con la frecuencia y, por lo tanto, con la longitud de onda de estas señales.

En el caso de las antenas de televisión, las varillas usadas como conductores para interceptar las señales tienen longitudes calculadas según las frecuencias de los canales. La relación entre las dimensiones de estas varillas y las frecuencias de las señales depende del tipo de antena, existiendo diversas posibilidades.

El tipo más común de antena es el dipolo de media onda (figura 19), en que tenemos dos varillas que tienen, en la longitud total, el equivalente a la mitad de la longitud de la onda de la señal que debe ser captada. Recordamos a los lectores que la longitud de onda de una señal se obtiene al dividir la velocidad de propagación de esta onda por su frecuencia (figura 20).

Como para las señales de radio y TV la velocidad es de aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo, o sea 300.000.000 metros por segundo, que corresponde a V, tenemos entonces la fórmula:

λ **= V/f**
λ **= longitud de onda en metros**
f = frecuencia
λ **= 300.000.000/f**

Figura 19

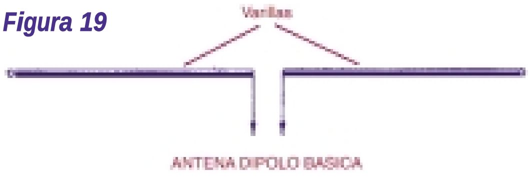
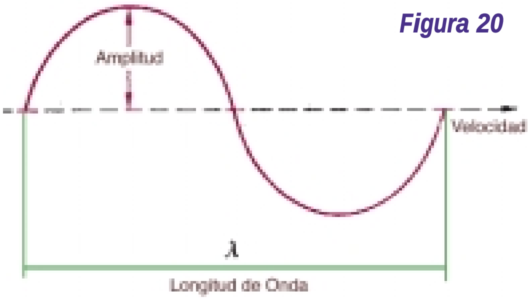


Figura 20



Para el canal 11, por ejemplo, en que podemos dar como frecuencia central 200MHz, o sea 200.000.000Hz, la longitud de onda será:

$\lambda = 300.000.000/200.000.000$
$\lambda = 1{,}5m$

El dipolo de media onda para este canal, debe tener la mitad de esta longitud, o sea 75 cm. Vea que para el canal 2, en que podemos centralizar la frecuencia alrededor de 60MHz, para efectos de cálculo, la longitud de onda será:

$\lambda\ 300.000.000/60.000.000$
$\lambda = 5$ metros

El dipolo de media onda debe tener, para este canal, aproximadamente 2,5 m. El lector puede percibir que en la práctica, será muy difícil obtener una única antena que pueda captar todos los canales con la misma eficiencia, en vista de la diferencia de longitudes de onda.

En verdad, cuando la antena está dimensionada para determinada frecuencia, en esta frecuencia su rendimiento es máximo, lo que significa que también se pueden captar las otras frecuencias, aunque con menor rendimiento. Lo que se hace entonces es usar una antena con simples varillas para el medio de la banda de TV, de modo que en ésta se obtenga el máximo rendimiento, pero que también se capten los extremos. Es lo que ocurre con las antenas internas del tipo ***telescópico***.

Vea que, para obtener la mejor imagen en este caso, no es preciso solamente cambiar las posiciones de las varillas con abrirlas o cerrarlas, sino que debe también, al alterar su longitud: "acortar o estirar" las varillas, según el canal.

Existen, sin embargo, antenas con muchos más elementos que estas dos varillas, las que pueden captar mucho mejor las señales y una buena banda de frecuencias.

Antenas Externas

Para mejorar el desempeño de una antena y con esto captar mejor las señales de TV, se pueden agregar elementos adicionales, como varillas que ejercen funciones diferentes de las que presenta el simple dipolo. Está claro que, tales antenas, por el número mayor de varillas y por su disposición estudiada, deben ocupar un espacio mayor que las de tipo telescópico, no pudiendo ser internas.

Estas son las antenas externas, colocadas en los techos de las residencias y locales o en torres, en que el número de varillas va de 4 ó 6 hasta más de 30. Además de las varillas que forman la antena en sí, existen otras que pueden tener dos funciones específicas.

El primer tipo de disposición forma el ***reflector***, según muestra la figura 21.

La función de estos elementos es reflejar la señal que consigue pasar por la antena de modo que la misma vuelva, sumada a la que ya fue captada, y obtendrá así mayor intensidad en la salida.

Vea que las varillas del dipolo, así como el reflector, tienen una característica de direccionalidad, o sea, que las mismas deben ser orientadas de determinado modo en relación a la dirección de donde vienen las señales, para que se pueda producir su captación (figura 22). La colocación del reflector hace que la señal sólo pueda ser captada por el frente de la antena, ya que la misma debe quedar "por detrás" en relación a la dirección de donde viene la señal.

El elemento que funciona como reflector no es más que un par de varillas como las del dipolo, pero sin ninguna conexión.

El efecto de reflexión de las señales se obtiene tanto por las dimensiones de las varillas como por su separación. Para que las varillas funcionen como reflector las mismas deben tener la misma longitud de las varillas del dipolo y estar separadas por una distancia del orden del 15% de la longitud de la onda (figura 23). Un par de varillas de longitud mayor que el dipolo también funcionará como reflector.

El otro tipo de elemento que puede usarse para ***ayudar*** en la recepción es el ***director***.

Su función es ***dirigir*** la señal hacia el dipolo de modo de concentrarlo y de esta manera obtener mayor intensidad. Vea que tanto la presencia del director como del reflector aumentan la directividad de la antena, que pasa a ***negar*** más acentuadamente las señales que no vengan de la dirección hacia la cual está orientada.

En TV esto es bueno, porque podemos hacer que las señales interferentes que pueden perjudicar la imagen y que vengan ***de lado***, sean rechazadas y con esto no lleguen hasta el televisor.

Mientras tanto, existe tambien una pequeña ***desventaja*** a considerar: *y si las estaciones que queremos captar están en direcciones diferentes?*

Figura 21

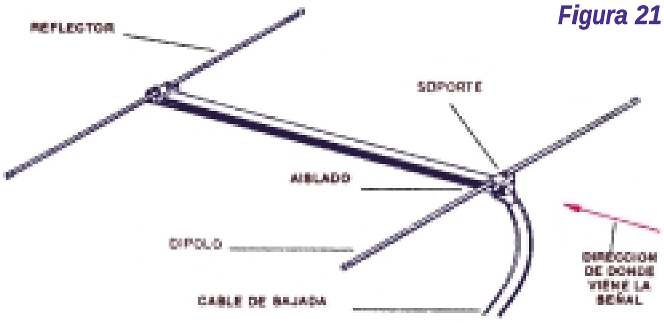


Figura 22

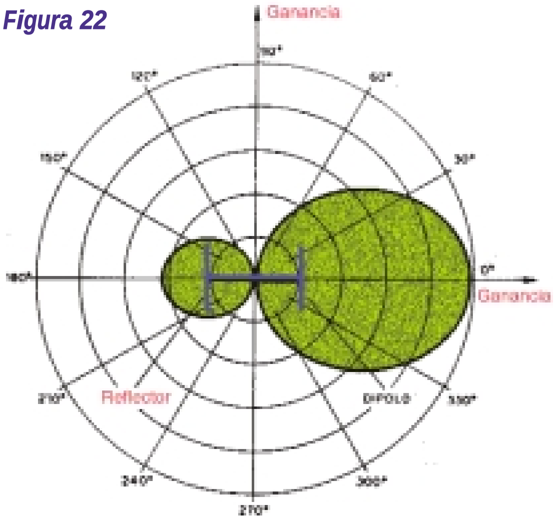
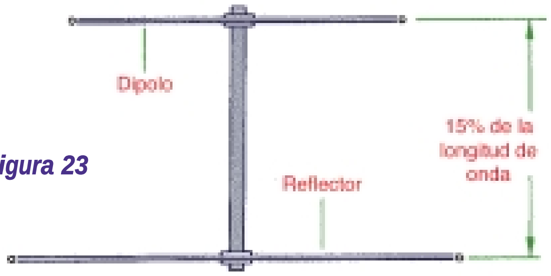


Figura 23



No podemos orientar la antena para dos lugares al mismo tiempo, lo que significa que debemos usar dos antenas o más, según el número de estaciones, si queremos captar todas igualmente bien.

Para que las varillas funcionen como directores, las mismas deben ser más cortas que el dipolo. Su espaciamiento también influye en esta función. Vea el lector que estas antenas son ***cortadas*** solamente para una determinada frecuencia, o sea, para un canal.

Sabemos que, en la mayoría de las localidades, existen varios canales.

Cómo hacer entonces para tener una única antena capaz de captar todos con buen rendimiento. Las antenas que encontramos en el comercio, actualmente, en su mayoría presentan características que les permiten captar bien todos los canales y con buena direccionalidad.

ANTENAS PARA VARIOS CANALES

La ganancia de una antena en determinada frecuencia depende de las dimensiones y de la posición de sus elementos. Una antena, en lo relacionado a los elementos, sólo tiene máxima ganancia en una frecuencia, en la que capta mejor solamente un canal. Sin embargo, sabemos que en la mayoría de las localidades existen diversos canales, y que sería muy caro tener que instalar una antena para cada uno.

Existen así antenas que pueden recibir razonablemente bien diversos canales y que, por lo tanto, se prestan para resolver los problemas que ocurren en estas situaciones.

Estas antenas reúnen varios elementos, y se las denomina "antenas multicanales" (figura 24).

Algunas de estas antenas, sin embargo, también tienen características de respuesta tales que reciben mejor solamente una banda estrecha de frecuencias, por lo que será conveniente separar los canales altos de los canales bajos.

Así, denominamos canales bajos a los que van del 2 al 6 y canales altos a los que van del 7 al 13.

Puede ser entonces que en condiciones de recepción difícil sea preciso usar antenas separadas para los dos grupos de canales. Analizaremos las características de algunas antenas más comunes de uso práctico.

a) Antena Yagui

La base de esta antena es un dipolo doblado que es el elemento activo de la antena y que puede ser de dimensiones que le permitan tanto captar los canales bajos como captar los canales altos, o bien canales específicos. Su estructura se muestra en la figura 25.

Por tratarse del dipolo se coloca un elemento reflector con largo de aproximadamente 5% más que el dipolo y separación correspondiente para 1/4 del largo de onda para el cual la antena es proyectada.

En la parte delantera se colocan los elementos directores. Estos elementos pueden variar de número y llegar a más de 10.

La presencia de los directores aumenta la direccionalidad y también la ganancia en determinada dirección, o sea, la sensibilidad de la antena.

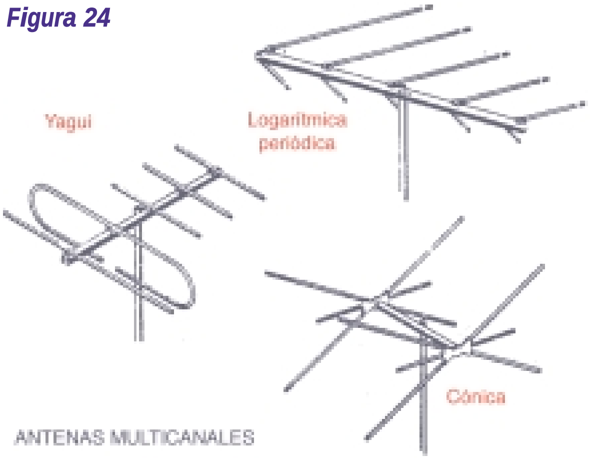
Mientras tanto, estos directores también son responsables por alteración en la impedancia de la antena que debe ser compensada por un proyecto cuidadoso que tenga en cuenta su separación.

Así, a veces, aunque una antena tenga menos elementos que otra de otro fabricante, puede tener mayor ganancia en vista de que es resultado de un proyecto más cuidadoso que tenga en cuenta estos factores.

Vea el lector que todas las antenas deben poseer una impedancia de acuerdo con el cable usado en el acoplamiento al televisor y su entrada, normalmente de 300Ω (aunque hoy se fabrican de 75Ω). Si la antena presenta impedancia diferente no consigue transferir la señal captada para la línea y el rendimiento del sistema se ve afectado con una mala recepción.

Este tipo de antena por su banda estrecha de frecuencias sólo debe ser usada en lugares de recepción relativamente fácil de modo que podemos usar una para los canales bajos y otra para los altos, o bien para un canal específico.

Figura 24



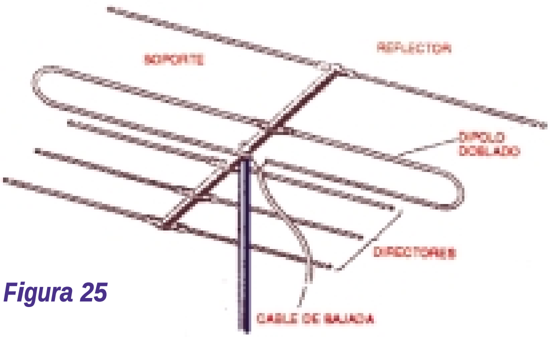


Figura 25

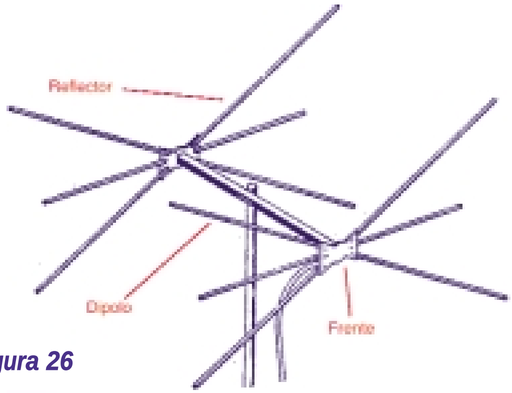


Figura 26

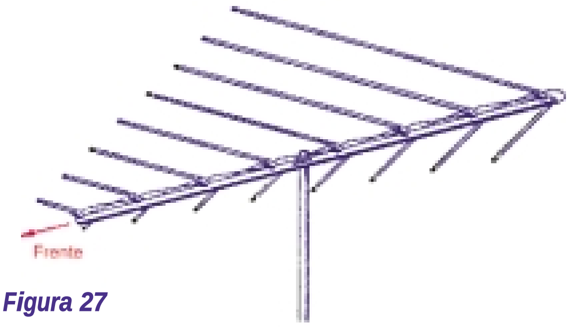


Figura 27

b) Antena cónica

Por el formato de esta antena, se la suele llamar también ***"pata de gallina"***. Es una antena para "toda la banda", o sea, para captar todos los canales. Está claro que, cuando se amplía la banda de recepción de una antena se reduce su rendimiento general, a no ser que esto sea compensado por un proyecto que lleva mayor número de elementos en disposición especial.

Como podemos observar por la figura 26, tenemos en la parte delantera de la antena 3 juegos de varillas que forman el elemento activo o dipolo, siendo cada par de varillas cortado para una banda de frecuencias. En la parte posterior tenemos un segundo conjunto de tres pares de varillas que funcionan como reflector. Estas varillas son directamente fijadas en el soporte de la antena y no necesitan una aislación. Cuando las estaciones están relativamente cercanas, no habiendo necesidad de ganancia elevada, esta antena proporciona una cobertura total de la banda del 2 al 13.

c) Antena logarítmica periódica

Esta antena, por su forma, suele recibir también el nombre de "espina de pez" (figura 27).

De hecho, se usan conjuntos de varillas interconectadas de modo cruzado, cada cual con un largo determinado y separación también en función de la frecuencia de cada canal que debe ser recibido.

Se trata de una antena multicanal pudiendo tener elementos en número variable, conforme la ganancia.

El funcionamiento de esta antena puede ser explicado fácilmente. Cuando queremos recibir un determinado canal, solamente la varilla cuyo largo le corresponde pasa a responder a sus señales como elemento activo. Las varillas que quedan en su parte delantera tienen largo menor y, por lo tanto, funcionan como directores, mientras que el par inmediatamente posterior por tener largo mayor funciona como un reflector.

TV POR SATÉLITE

Alrededor de la Tierra existe una capa en la alta atmósfera cargada de electricidad que es responsable por la reflexión de las ondas de radio de deteminadas frecuencias.

Estas frecuencias que se reflejan en esta capa denominada ionósfera pueden, por reflexiones sucesivas también en la superficie de la Tierra, alcanzar grandes distancias. Es por este motivo que, durante la noche, cuando las capas en cuestión manifiestan más intensamente sus propiedades, el lector consigue en su radio de ondas cortas oír estaciones de otros países, y hasta incluso de otros continentes distantes millares de kilómetros.

Ahora bien, por encima de los 30MHz las ondas de radio, salvo en condiciones muy especiales y no frecuentes, no consiguen reflejarse en la ionósfera o alcanzar puntos que estén más allá de la línea del horizonte visible.

Como, sabemos el canal más bajo de TV está en 54MHz lo que demuestra que, desgraciadamente, las ondas de TV no pueden ir más lejos de lo que permite el alcance visual. Por supuesto que si elevamos la antena receptora por encima del horizonte conseguimos ir cada vez más lejos, pero existe un límite de altura al que sólo podemos llegar con una torre, un edificio o incluso si aprovechamos una montaña. Los aviones, que usan sistemas de comunicaciones en la banda de VHF (alrededor 120MHz) y que, por lo tanto, están cercanos a las bandas de TV, no tienen el mismo problema, pues pueden subir a alturas que no son alcanzadas por una torre. Para que el lector tenga una idea, un avión que esté en una altura de 9.000 metros puede comunicarse con una torre a una distancia de hasta más de 400 kilómetros.

¿Cómo hacer entonces para recibir las señales de televisión de lugares distantes?

El lector sabe que se hacen sin problemas transmisiones de otros continentes. ¿Cómo?

La solución empleada actualmente consiste en colocar en órbita alrededor de la Tierra un satélite que pueda funcionar como un ***"reflector"*** para las señales de determinadas frecuencias que transportan las imágenes de TV. Evidentemente, estas frecuencias no son las mismas usadas en el televisor, sino mucho más altas, por lo que no podemos recibir las señales directamente, por lo menos en estos casos.

Así, cuando queremos transmitir un programa de Europa, por ejemplo, la señal es enviada de una estación terrestre hacia el satélite, que la envía de vuelta en dirección de nuestro país donde es captada por

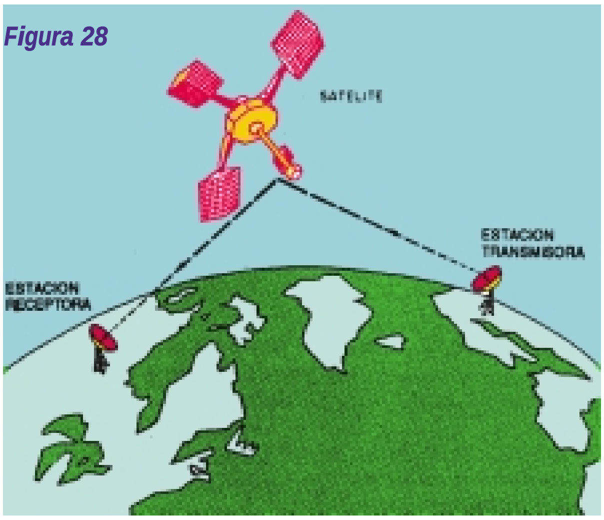


Figura 28

antenas especiales. (La frecuencia que se recibe no es la misma que se transmite: existe una transposición por motivos diversos).

Aquí, las señales captadas son llevadas por vías normales hasta las emisoras donde son irradiadas en la frecuencia que su televisor puede captar. Esto significa que podemos ***"ver"*** los programas del exterior sólo cuando la conexión con el satélite y las estaciones de tierra está hecha y no cuando queremos.

Una característica importante que debe ser observada en el satélite es que el mismo no debe cambiar de posición en el espacio en relación a nosotros. Esto se consigue con su colocación en órbita a una distancia de 36.000 kilómetros de la Tierra (figura 28).

Esta órbita se denomina geoestacionaria, y en ella el período de revolución del satélite alrededor de la Tierra corresponde al período de rotación de la Tierra, lo que significa que ambos giran sincronizados. El satélite se mantiene entonces sobre un mismo punto de la Tierra.

El Cable de Bajada

Para llevar la señal captada por la antena de TV hasta el aparato televisor no se puede usar cualquier cable. La antena presenta una característica eléctrica denominada impedancia y lo mismo ocurre con el televisor, y estas características deben ser adaptadas por el cable. La antena de TV tiene una impedancia de 300Ω, ocurre lo mismo con la entrada del televisor, lo que significa que esto debe ser previsto al elegir el cable con que se van a interconectar los dos (hoy ya se emplea una entrada universal de 75Ω). Si el cable no fuera apropiado y no uniera correctamente estos dos elementos, la señal no pasaría de modo conveniente de uno hacia el otro y ocasionaría diversos problemas, como la pérdida de rendimiento, o incluso la producción de ***"fantasmas".***

Estos ***"fantasmas"*** son imágenes dobles o múltiples que ocurren cuando la señal refleja en el mismo cable, debido a la falta de adaptación de la impedancia.

El tipo de cable más usado en la conexión de la antena del aparato receptor es el coaxil de 75Ω y la cinta de 300Ω, o cable paralelo de 300Ω, que está formado por dos conductores de cobre separados a una distancia fija por una cinta de material aislante.

Los cables de este tipo pueden usarse para conectar la antena al televisor directamente, pero no en distancias muy grandes.

Una precaución importante cuando se utiliza este tipo de conductor es hacer que el mismo quede bien lejos de cables eléctricos, y si estuvieran inevitablemente cruzados, que lo haga en ángulo recto. Del mismo modo, nunca se debe usar el mismo caño en que desciende un cable de toma o interruptor para pasar también este cable. La calidad del cable de antena también puede causar problemas. Un cable paralelo de 300Ω de mala calidad, expuesto al sol y a la lluvia, se raja y las rajaduras acumulan humedad que altera sus características y, por lo tanto, perjudica la recepción.

Hoy el cable más usado es el coaxil de 75Ω. La impedancia de este cable es de 75Ω, lo que significa que el mismo no se adapta directamente con el televisor. El cable de 75Ω presenta muchas ventajas en relación al de 300Ω, principalmente cuando la distancia del televisor a la antena es grande. Así, este cable no es sensible a la captación de interferencias, pues es completamente blindado, lo que significa que hasta puede ser pasado por el mismo conducto de un cable de toma o interruptor sin que ocurran problemas.

El Selector de Canales

En su techo, la antena capta las señales de todas las frecuencias, correspondientes a todos los canales que operan en su localidad, y estas señales son todas llevadas al televisor por el cable de bajada. Lo primero que se debe hacer para obtener el sonido y la imagen de un determinado canal es separarlo de los demás. Esto es realizado por la primera etapa del televisor, que estudiaremos en esta lección, y que es el selector de canales. Además de hacer esta separación, el selector de canales también tiene otras funciones igualmente importantes. Una de ellas es ampliar esta señal, de modo que la misma pueda excitar mejor las etapas siguientes del aparato y así proporcionar mejor sonido e imagen.

La otra finalidad es alterar la frecuencia de esta señal: *llevarla a un valor fijo, del mismo modo como se hace en las radios superheterodinas, y facilitar así la operación de las etapas siguientes.*

Podemos entonces representar un selector de canales para las frecuencias de VHF, correspondientes a los canales del 2 al 13 del modo indicado en la figura 29. El primer bloque corresponde a la etapa mezcladora, donde encontramos el oscilador local. La finalidad de esta etapa es producir con la señal recibida un batido que resulta en la frecuencia 45,75MHz que corresponde a la FI de video, o sea, la frecuencia intermedia de imagen que debe ser trabajada por las etapas siguientes del televisor. Como la señal de TV tiene un ancho de banda de 6MHz, este batido también resulta en una frecuencia de FI de sonido en 41,75MHz, pues la diferencia entre 45,75 y 41,25 tiene como resultado 4,5MHz que es justamente la separación entre la señal de audio y la señal de imagen dentro de cada canal. En la figura 30 mostramos que,

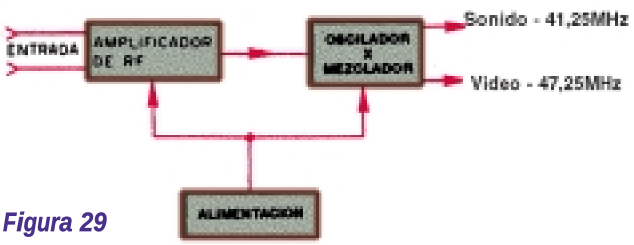
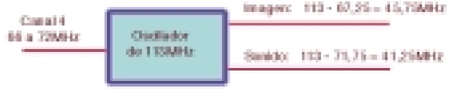

ENTRADA
AMPLIFICADOR DE RF
OSCILADOR X MEZCLADOR
Sonido - 41,25MHz
Video - 47,25MHz
ALIMENTACION

Figura 29

Figura 30


Canal 4
66 a 72MHz
Oscilador
de 113MHz
Imagen: 113 - 67,25 = 45,75MHz
Sonido: 113 - 71,75 = 41,25MHz

generando una única señal en el oscilador local, por ejemplo de 113MHz cuando deseamos recibir el canal 4, obtenemos al mismo tiempo un **"batido"** en 45,75 y otro en 41,25MHz que caen encima de la portadora de sonido y de imagen, para las frecuencias intermedias de los circuitos siguientes.

Vea que, en la salida del selector, en verdad existe una conexión única, estando presente la señal de FI en toda la banda de sonido e imagen, siendo que la separación final de la señal de sonido se hace más adelante con la producción de una señal separada de 4,5MHz de la señal de video (imagen). Antes de este primer bloque analizado tenemos un amplificador de RF que ayuda a obtener mayor intensidad para las señales captadas.

En los selectores comunes la posición corresponde al canal 1, que no existe en realidad, y es dejada para que se haga la recepción de las señales de UHF. Se puede hacer esto con el empleo de un conversor externo o, en otros casos, a través de un selector adicional para esta banda, existente en el propio televisor. El selector, por su banda de frecuencias de operación, consiste en la etapa más crítica del televisor. De hecho, este sector del aparato de TV debe operar en la banda de frecuencias que va de los 54MHz hasta 216MHz, y si se usa la banda de UHF, hasta alrededor de 800MHz.

En la figura 31 tenemos un circuito típico de un sintonizador con varicap, que muestra solamente su acción. Según la tensión que sea aplicada en la entrada, el mismo se comporta como un capacitor de valor diferente y determina así la frecuencia de la señal que está siendo recibida.

Esto nos lleva a un circuito típico de selector por botones (o al tacto), en el que para cada canal tenemos un botón de compresión y un pequeño potenciómetro de sintonía fina.

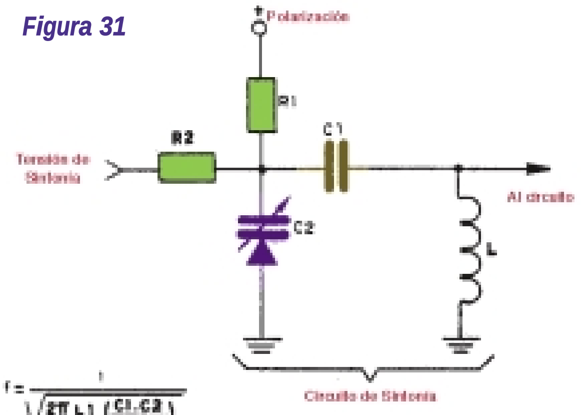
En el circuito completo mostrado en la figura 32, tenemos diversos botones de compresión que colocan en el circuito potenciómetros de sintonía fina, los cuales, junto con los resistores forman divisores de tensión para los varicaps que determinan la amplificación de RF, la frecuencia del oscilador local, etc.

Cada uno de los pequeños potenciómetros es entonces ajustado para llevar los varicaps a operar de modo de recibir el canal deseado. La gran ventaja de este sistema es la existencia de un único contacto a ser operado, para cada canal, y con una tensión continua y baja corriente, lo que elimina el problema de desgaste y las inestabilidades debidas a la suciedad. Una pequeña suciedad que provoque el aumento de la resistencia puede ser fácilmente compensada por el ajuste del potenciómetro de sintonía fina. En la actualidad se utilizan sintonizadores microprocesados, cuyo estudio no abordaremos debido a su complejidad.

La Etapa Amplificadora de FI de Video

En la salida del selector tenemos una señal de frecuencia fija que corresponde a la frecuencia intermedia o FI, exactamente como en los receptores superheterodinos de radio. Cualquiera sea la frecuencia de la señal captada, la misma es llevada a un valor fijo en el selector, pues así resulta más fácil su amplificación posterior. Si el circuito para amplificar la señal tuviera que ser sintonizado en cada frecuencia que queremos recibir, el mismo se volvería extremadamente crítico, pues debería haber un ajuste individual para ca-

Figura 31


+ Polarización
R1
R2
C1
Tensión de
Sintonía
Al circuito
C2
L
Circuito de Sintonía

$$f = \frac{1}{\sqrt{2\pi L1 \left(\frac{C1 \cdot C2}{C1+C2}\right)}}$$

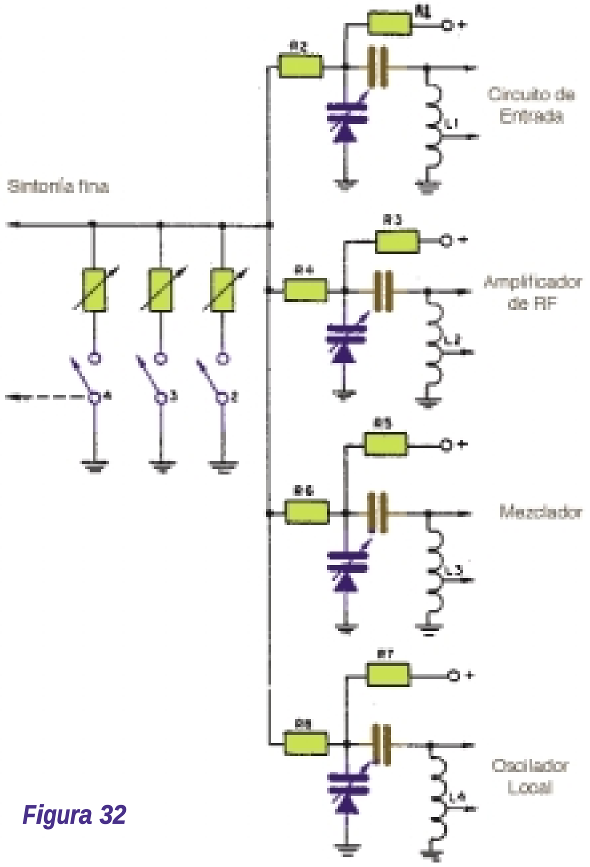

R1
+
R2
Circuito de
Entrada
L1
Sintonía fina
R3
+
R4
Amplificador
de RF
L2
4
3
2
R5
+
R6
Mezclador
L3
R7
+
R8
Oscilador
Local
L4

Figura 32

Figura 33

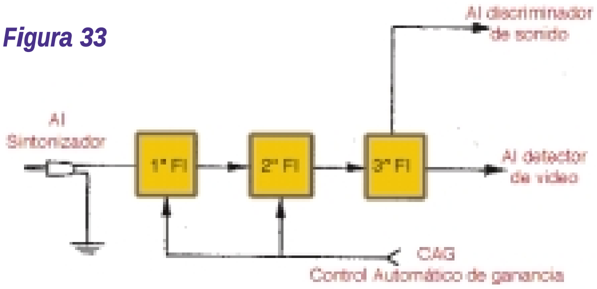
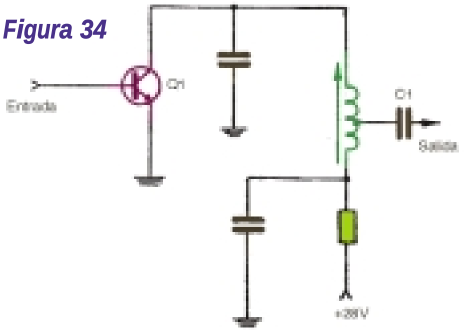


Figura 34



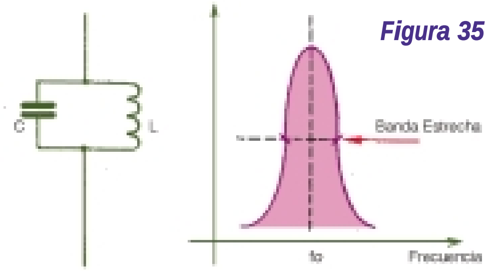


Figura 35

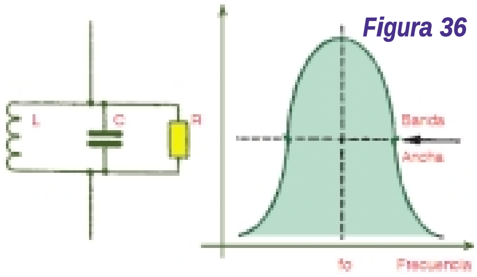


Figura 36

da canal en cada etapa. Trabajando en frecuencia fija, tenemos un ajuste único. Los circuitos amplificadores de FI deben amplificar al mismo tiempo señales con una separación de 4,5MHz, que corresponden al sonido y a la imagen.

Normalmente se utilizan tres etapas amplificadoras que pueden tener por base transistores o CIs y que proporcionan una ganancia del orden de 8.000 veces en su final. Una señal de aproximadamente 500µV obtenida en el selector puede entonces llegar a los 3 volt de amplitud, lo que será suficiente para excitar las etapas que vendrán posteriormente. El valor de la señal de FI de imagen es de 45,75MHz y de la señal portadora de sonido es de 41,25MHz, estando también presente una señal de 42,17MHz en el caso de los televisores en colores que corresponde a la subportadora de color.

En los televisores antiguos existía un circuito amplificador separado para la FI de sonido (figura 33). En los aparatos modernos, el sonido es amplificado junto con la ***"imagen"*** en un sistema denominado ***"interportadoras"***. En la figura 34 tenemos un circuito típico de etapa amplificadora de FI usada en TV.

Como en el caso de los receptores de radio, encontramos en estas etapas circuitos sintonizados, o sea, circuitos LC que dejan pasar solamente las señales de una determinada frecuencia. En este punto el lector puede manifestar una duda: si dijimos que los amplificadores de FI de los televisores dejan pasar una banda bien ancha de frecuencias, del ancho de 4,5 MHz correspondiente al canal, *¿cómo se puede usar un circuito sintonizado en una frecuencia única?*

Realmente, si se usara solamente una bobina y un capacitor en paralelo en el circuito resonante, como muestra la figura 35, la misma presentaría un alto "Q", o sea, factor de calidad con una respuesta muy aguda en determinada frecuencia. Solamente las señales de esta frecuencia pasarían, y las de las frecuencias cercanas serían rechazadas.

En las etapas de FI de los televisores, debido a la necesidad de dejar pasar una banda más ancha de frecuencias, lo que se hace es bajar el "Q" del circuito con la conexión de un resistor en paralelo (fig. 36). Con el valor indicado, del orden de 6k, el "Q" del circuito baja a un factor de 80, lo que significa que la banda exacta de pasaje de la señal de frecuencia intermedia de sonido y de imagen puede pasar sin problemas y así ser amplificada. Este proceso de bajar el "Q" de un circuito en la etapa de FI de TV recibe el nombre de ***"amortiguación"***.

Neutralización y Ajustes

Los circuitos amplificadores sintonizados que presenten una ganancia muy alta están sujetos a un problema: pueden oscilar. De hecho, si la señal obtenida en su salida fuera aplicada de vuelta a la entrada, por cualquier motivo, la misma puede ser responsable de una realimentación que lleva al circuito a la oscilación, como muestra la figura 37.

Los transistores, tanto NPN como PNP, presentan una capacidad relativamente alta entre la base y el colector, y esto puede ser suficiente para provocar la realimentación de señal en cada etapa, y de allí puede aparecer la oscilación. Para evitar este problema, eliminando la realimentación, se utiliza un proceso denominado neutralización, que consiste en tomar parte de la señal de salida y aplicarla de vuelta a la entrada, pero con fase opuesta a la que sería necesaria para la realimentación de modo de cancelarla.

En la figura 38 tenemos un circuito de neutralización típico, en que se usa un capacitor de pequeño valor para retirar parte de la señal del secundario de un transformador de FI y reaplicarlo en la base del transistor de la etapa anterior. Existen otros tipos de circuitos de neutralización pero siempre se basan en el mismo principio: tomar parte de la señal amplificada y reaplicarla de vuelta en la etapa.

El Control Automático de Ganancia (CAG)

El contraste de una imagen depende de la intensidad de la señal obtenida en la salida de los circuitos de video.

Las variaciones en la intensidad de la señal recibida por el televisor pueden influir en la reproducción de la imagen, del mismo modo que las variaciones en la intensidad de la señal influyen en el volumen de la

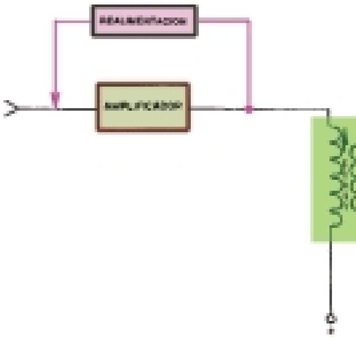


Figura 37

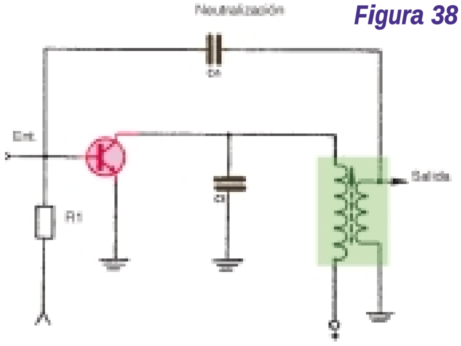


Figura 38

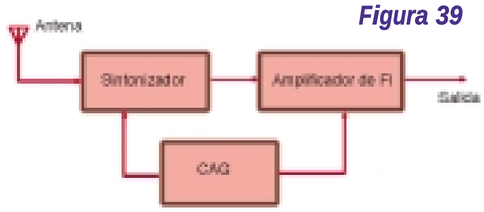


Figura 39

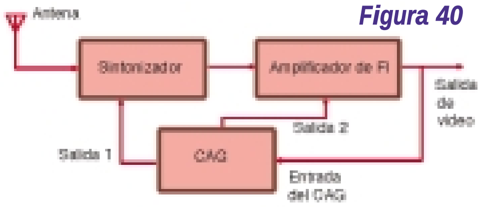


Figura 40

reproducción de una señal de radio. Para evitar este problema, del mismo modo que los receptores de radio, los televisores son dotados de un circuito denominado CAG o control automático de ganancia (fig. 39), cuya finalidad es mantener constante la intensidad de la señal obtenida en la salida de los circuitos, sin que la afecten las variaciones que puedan ocurrir en las señales recibidas. El CAG aumenta la ganancia de las etapas de FI y RF cuando la señal recibida es débil, y reduce la ganancia cuando la señal es fuerte. En la figura 40 mostramos los lugares donde se hace la conexión del CAG, en las etapas de RF y de FI de un televisor.

Veamos entonces cómo funciona un CAG típico:

En la figura 41 tenemos el circuito del CAG representado de manera simplificada. En éste, lo que tenemos básicamente es un rectificador que toma por base la señal obtenida en la salida de los circuitos amplificadores. De este circuito rectificador la señal pasa por un circuito de filtro del tipo RC, o sea que lleva un resistor y un capacitor cuya constante de tiempo es del orden de 200ms aproximadamente. Esta constante de tiempo está dada en función de las variaciones normales que pueden tener las señales bajo las condiciones de algunos tipos de interferencias que veremos más adelante. Del filtro, la señal pasa por dos resistores que forman una red divisora y de desacoplamiento, de donde su aplicación se hace en las etapas de RF (en el sintonizador) y de FI. En las etapas amplificadoras la función de la señal es actuar de manera continua en la polarización del componente activo.

En la figura 42 tenemos un circuito típico de etapa de FI transistorizada de un televisor en que actúa el CAG. Se trata de un circuito denominado de CAG directo, porque la ganancia del transistor queda disminuida cuando la polarización de base aumenta. En un transistor PNP, el aumento de la tensión positiva de base hace que la ganancia disminuya. Existe también el denominado CAG inverso en que la acción de polarización en la base es la opuesta, o sea, se disminuye la ganancia con la reducción de la tensión de base.

Los Circuitos de Sincronismo

Una imagen de TV se obtiene cuadro por cuadro, cuando una cámara de TV explorando la imagen, la separa en líneas, las cuales después de transmitidas deben ser recompuestas. Para que tengamos una imagen correcta en el receptor es necesario que la recomposición de la imagen se haga al mismo ritmo en que la misma es producida. Si el receptor comienza a reproducir la centésima línea cuando la primera está siendo barrida, el resultado es que la imagen se dobla o corre. Este defecto es fácil de percibir, por un simple desajuste, cuando la imagen se tuerce o empieza a correrse, del modo que se muestra en la figura 43. Existen, entonces, en los televisores los denominados circuitos de sincronismo cuya finalidad es "trabar" la imagen, para evitar así que salga del ritmo necesario para su reproducción por superposición de cuadros.

Son dos los circuitos de sincronismo que encontramos en los televisores comunes: el circuito de sincronismo vertical, que evita que la imagen se corra hacia arriba y hacia abajo, y el circuito de sincronismo horizontal, que evita que la imagen se tuerza hacia los lados.

El Sincronismo Vertical

La función del sincronismo vertical es trabar la imagen y evitar que la misma corra hacia arriba o hacia abajo. Como vimos, existe un cierto tiempo necesario para que todas las líneas que forman un cuadro sean exploradas. Al final de la exploración, cuando comienza el cuadro siguiente, el televisor debe estar preparado para que el barrido comience exactamente en la esquina superior de la pantalla. Si esto no ocurre, si el receptor está con el barrido en otro punto, cuando llega el comienzo del cuadro, el resultado será una imagen cortada. Además, como el punto en que comienza este barrido ***"fuera de compás"*** cambia constantemente, aparece en la pantalla una banda negra, que divide la imagen y corre tanto hacia arriba como hacia abajo, como muestra la figura 44.

Cuanto más rápido sea el movimiento de esta banda, que causa la sensación de una imagen cortada,

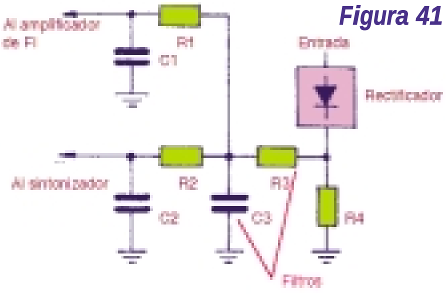


Figura 41

Figura 42

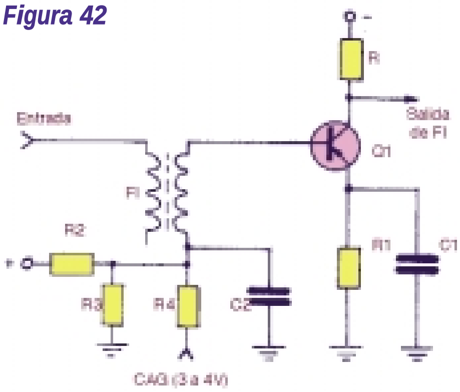


Figura 43

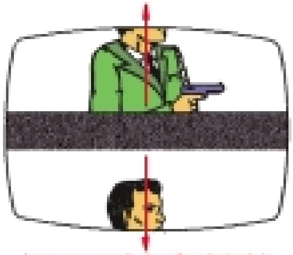


Imagen que corre hacia arriba o hacia abajo

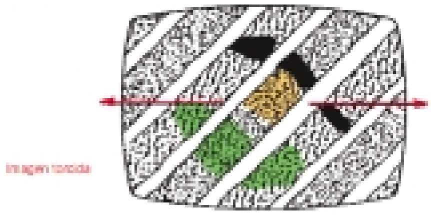


Figura 44

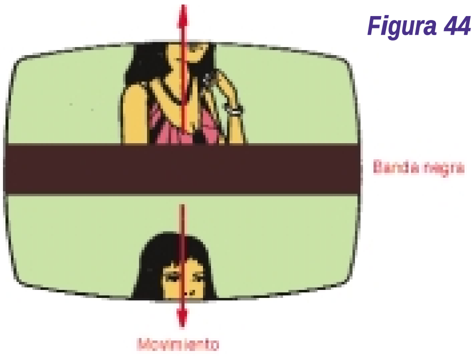
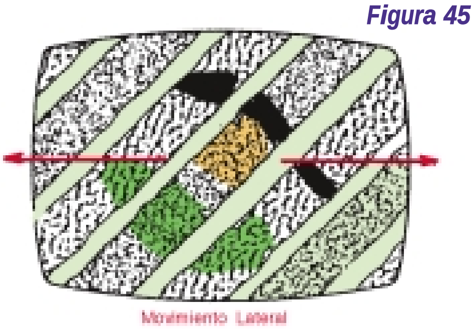


Figura 45



más lejos la frecuencia del sincronismo está de 50Hz, que es la frecuencia que permite ***"trabar"*** la imagen. Existe entonces un oscilador en el propio televisor que debe producir los impulsos que al final de cada cuadro hacen que el barrido vuelva rápidamente al comienzo del cuadro siguiente.

La imagen se traba solamente cuando la misma se va hacia arriba, esto porque la frecuencia del sincronismo en verdad no es exactamente 50Hz , sino un poco menos. Este ***"poco menos"*** es apenas suficiente para que el aparato esté listo para recibir el cuadro siguiente, una fracción de segundo antes de que llegue la información del transmisor.

El Sincronismo Horizontal

Del mismo modo que cada cuadro debe llegar al televisor en tiempo correcto, cuando el mismo esté preparado para su reproducción, las líneas de cada cuadro deben también ser reproducidas en el tiempo correcto. Para este fin existe un sincronismo horizontal cuya frecuencia es determinada por el tiempo que cada línea demora en ser barrida. Esta frecuencia es de 15.625Hz, y un desvío de este valor provoca el movimiento lateral de la imagen, como muestra la figura 45.

Cuanto más rápido sea el desplazamiento de la imagen en este sentido horizontal, más alejado de la frecuencia indicada está el sincronismo. Vea el lector que en la señal de la estación transmisora tenemos los pulsos que hacen la sincronización de la imagen, de modo que en los televisores no precisamos tener circuitos que generen solos las frecuencias indicadas. La presencia de estos pulsos es importante, pues no hay duda de que sería muy difícil que los televisores consiguieran, sin ninguna ayuda, trabajar exactamente en sincronismo con las estaciones. La frecuencia podría ser ajustada con mucho cuidado para que fuera la misma, pero hacer que el comienzo de cada ciclo en el televisor coincidiese con el comienzo del mismo ciclo en el transmisor, sería un problema demasiado grande. Por este motivo los circuitos de sincronismo de los televisores son ***"conmutados"***, o sea son osciladores que son controlados por una señal externa, la señal que es obtenida de la estación. Sin embargo, como saben los lectores, esta conmutación no es total, lo que quiere decir que eventualmente los circuitos pueden ***"escaparse"*** y las imágenes se corren hacia arriba, abajo o a los lados.

Los Circuitos de Sincronismo

En la señal de video tenemos presentes tanto los pulsos de sincronismo vertical como horizontal. Conforme podemos ver por la figura 46, estos pulsos tienen duración diferente. El pulso de sincronismo vertical tiene una duración 5 veces mayor que el pulso de sincronismo horizontal. Por otro lado, como vimos por sus frecuencias, tenemos muchos más pulsos horizontales que verticales. Después de la obtención de la señal de video en un televisor, encontramos entonces el circuito que es responsable por la separación de los pulsos del sincronismo. Este circuito es denominado separador de sincronismo y puede estar formado por diversos componentes básicos, tales como válvulas triodo, válvulas pentodo, transistores o incluso diodos. El principio de funcionamiento es el mismo. En el próximo capítulo, antes de comenzar a explicar como se realizan reparaciones en receptores de radio, culminaremos con este ***curso de televisión***, estudiando los circuitos de sincronismo y deflexión de la imagen.

El Generador de Barras

Uno de los instrumentos más empleados por el técnico reparador, para el ajuste y la reparación de recptores, es el generador de barras. A continuación, hablaremos brevemente de este instrumento. En la figura 47 mostramos el circuito de un generador sencillo con su circuito impreso. La señal de video transmitida por las emisoras de TV es compleja. Sin embargo, para la mayor parte de las pruebas y ajustes se puede inyectar al receptor una señal simple, como la provista por este circuito. Se trata de una señal de

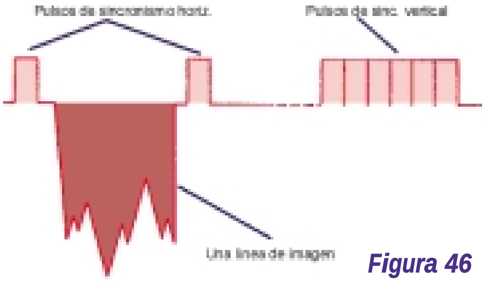


Figura 46

barras con sincronismo. El primero de los tres temporizadores, genera impulsos de sincronismo de 4,7µs. Es un multivibrador astable con un período de 64µs. El flanco creciente del pulso de sincronismo dispara un segundo temporizador. Su ancho de pulso determina la posición de la barra, generada por el tercer temporizador.

La señal de video compuesta se obtiene en el conjunto R4 -R5 -R6. La red de resistencias va seguida por un "buffer", que asegura una impedancia de salida de 75Ω. Las señales de sincronismo y la de barra ocupan el 35% y el 65% de la señal compuesta, respectivamente. La calibración se realiza conectando el dispositivo a un monitor o, a través de un modulador, a un receptor de TV normal. Los trimpots multivuelta P1, P2 y P3 se ajustan en la posición central de su recorrido.

Tiene que girar P1 para obtener una imagen estable. Si el pulso de sincronismo es demasiado ancho, será visible en el lado izquierdo de la imagen. La barra puede hacerse más estrecha con el empleo de P2, después de lo cual es posible que P1 precise un pequeño reajuste.

Si posee un osciloscopio, P2 puede ajustarse inicialmente para obtener pulsos de 4,7µs en la salida (pata 3) de IC1. Entonces, el período total se establece en 64µs con el empleo de P1.

La barra se centra con P3 y puesto que su ancho es fijo, con esta operación se completa la calibración. *****************

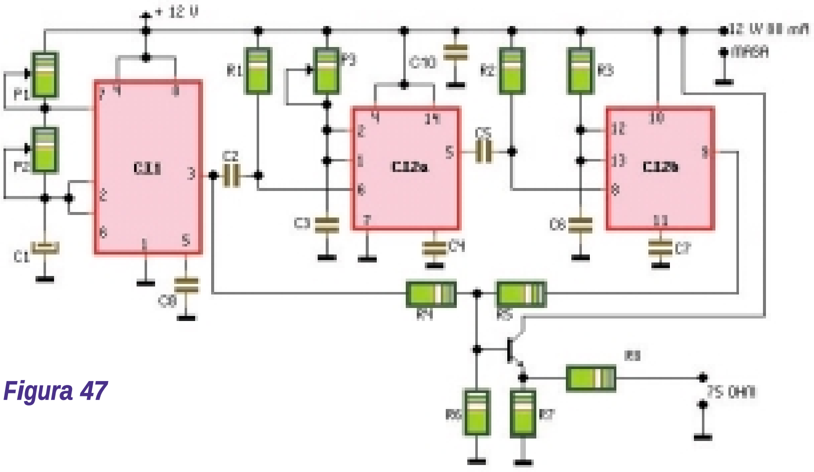
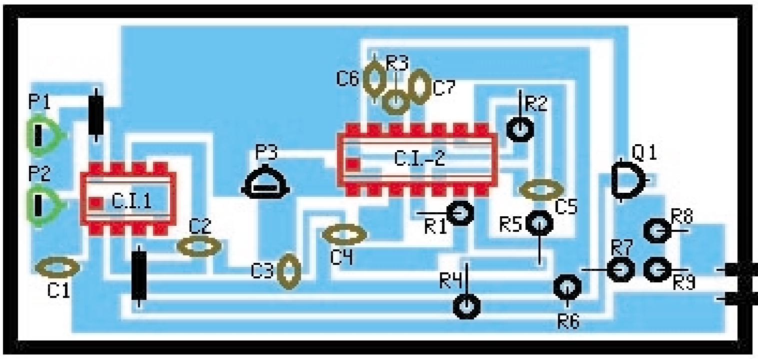
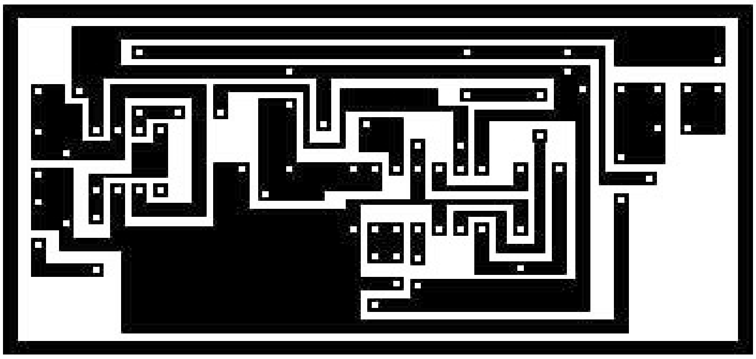


Figura 47





Lista de Materiales

CI 1 - NE555 - Integrado temporizador.
CI 2 - NE556 - Doble temporizador
Q1 - BC548 - Transistor NPN
P1 - Trimpot multivueltas de 100kΩ
P2 - Trimpot multivuelta de 25kΩ
P3 - Trimpot multivuelta de 10kΩ
R1, R2, R3, R6 - 12kΩ
R4 - 100kΩ
R5 - 68kΩ
R7 - 1kΩ
R8 - 75Ω al 1% (o dos resistores en paralelo de 150Ω).
C1 - 0,0022µF - Cerámico
C2 - 120pF - Cerámico
C3 - 0,001µF - Cerámico
C4, C7, C8 - 0,015µF - Cerámico
C5 - 56pF - Cerámico
C6 - 0,0033µF - Cerámico
C9 - 100µF x 25 V en paralelo con C10 (optativo).
C10 - 0,1µF - Cerámico

Varios
Caja para montaje, placa de circuito impreso, cables, fichas, estaño, etc.

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Primeras Reparaciones en Equipos Electrónicos

13

El Mundo de la Electrónica

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

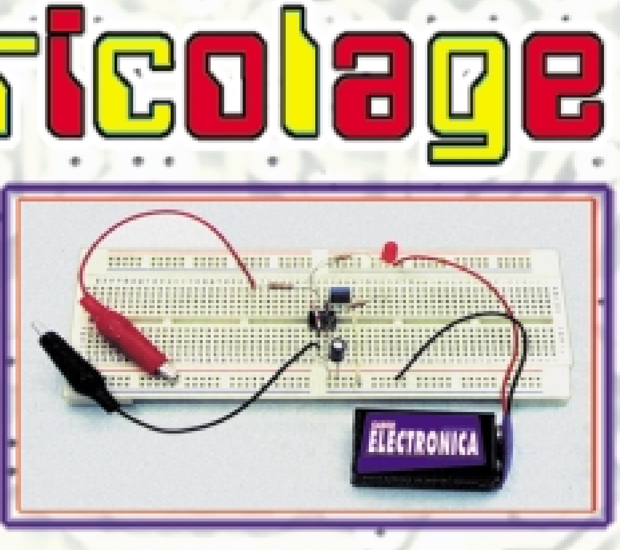
Reparación de

Receptores de Radio y
Equipos con Circuitos Integrados

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Bricolage

Construcción de un
Inyector
de Señales
Digital



Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 13

CURSO DE TELEVISIÓN (CONT.)

El sincronismo 195
El oscilador vertical...195
El oscilador horizontal..196
La deflexión horizontal...197
La deflexión vertical 198

REPARACIONES EN RECEPTORES DE RADIO

Pequeñas reparaciones 198
1. Problemas de alimentación 198
2. El defecto “motor de lancha” 198
3. Fallas y ruidos en el control de volumen 199
4. Interrupciones en las placas......................199
5. Cambios de componentes 200
6. Problemas del parlante.............................200
7. Problemas de ajuste 200
8. Los componentes......................................201
9. Análisis con el inyector de señales 202
10. Conclusiones...204

REPARACION DE EQUIPOS CON CIRCUITOS INTEGRADOS

Cómo proceder..204
Búsqueda de fallas...205
Cómo usar el inyector 206

FIBRAS OPTICAS

Generalidades...206
Enlace óptico con fibra.......................................206
Ventajas de las fibras ópticas 206
Física de la luz 207
Construcción de las fibras ópticas....................207
Tipos de fibras 208
Atenuación de la fibra 208
Componentes activos 208
Diodos emisores de luz......................................208
Diodo de inyección láser 208

Inyector de Señales Digital

El circuito...208

Cupón Nº 13

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Continuación del Capítulo 12

Curso Básico de Televisión (Continuación)

EL SINCRONISMO

Como los pulsos obtenidos en la señal de video tienen una amplitud mayor que la de la señal correspondiente a la imagen, podemos polarizar los transistores de modo que corten la señal de video propiamente dicha, pero dejan los pulsos de sincronismo.

En la figura 48 damos como ejemplo el caso de un circuito con válvula triodo polarizada.

Vea entonces que en este circuito obtenemos tanto los pulsos de sincronismo vertical como horizontal, eliminando la señal de información de la imagen correspondiente.

Por supuesto que la información de la imagen es eliminada en esta etapa, pero no del televisor.

La señal de video obtenida en la etapa anterior también es enviada hacia una serie de etapas paralelas que trabajan con la información de la imagen, no preocupándose éstas con el sincronismo. Como ya explicamos, ocurre una separación.

Pero todavía no llegamos a lo más importante. Separamos de la señal de video los pulsos de sincronismo vertical y horizontal, pero los dos todavía están juntos.

Se necesita ahora hacer una segunda separación, como muestran las figuras 49 y 50.

Esta separación se hace tomando por base la diferencia de duración de estos dos pulsos.

Se usan dos circuitos RC con constantes de tiempo diferentes como muestra la figura 51.

El pulso de sincronismo horizontal tiene una duración de 4,7µs, mientras que el ancho total de los pulsos verticales comprende varios horizontales y está alrededor de 160µs.

Las constantes de tiempo de los circuitos son entonces de 0,75µs para el horizontal, lo que significa que no hay tiempo para que el vertical produzca salida, del mismo modo que la constante de tiempo del vertical es de 20µs, lo que es muy grande para que el horizontal produzca salida.

Tenemos entonces la separación de los dos pulsos que pueden ser usados para excitar las etapas siguientes del televisor.

EL OSCILADOR VERTICAL

La imagen en un TRC es reproducida por el movimiento de un haz de electrones que barre la pantalla y produce así un cierto número de líneas, a una tasa de repetición que da el número de cuadros.

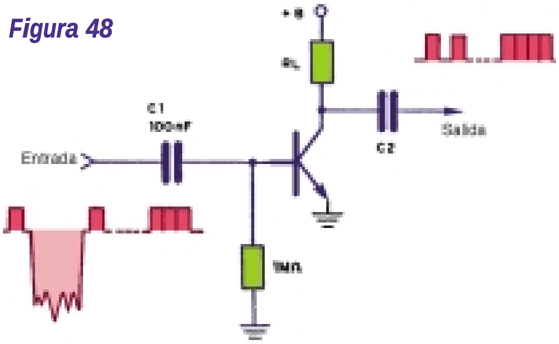
Vimos que estas tasas nos llevan a dos frecuencias importantes que son la del sincronismo horizontal de 15.625Hz y del sincronismo vertical que es de 50Hz.

Antes de analizar en sus pormenores el funcionamiento del oscilador vertical, debemos hacer un pequeño estudio de la forma de onda que encontraremos en los dos osciladores (vertical y horizontal).

Vea que la exploración de la imagen y su reproducción deben hacerse de un modo bien definido, con un movimiento y velocidad constantes. Para que esto ocurra, la señal de los osciladores debe tener una forma de onda que corresponda a un movimiento constante.

Si analizamos un TRC, como ya hicimos en las lecciones anteriores,

Figura 48


+B
RL
C1
100nF
Entrada
C2
Salida
1MΩ

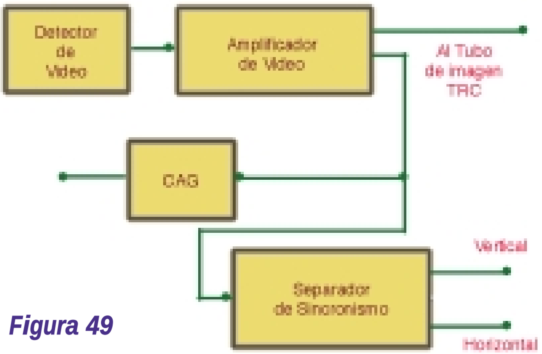

Detector de Video
Amplificador de Video
Al Tubo de imagen TRC
CAG
Vertical
Separador de Sincronismo
Horizontal

Figura 49

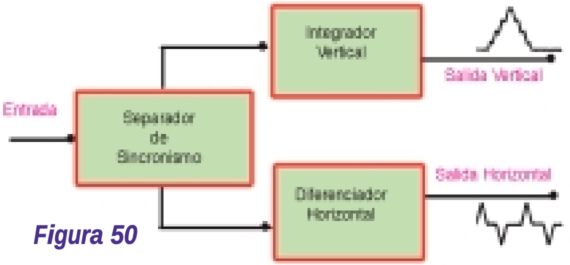

Integrador Vertical
Salida Vertical
Entrada
Separador de Sincronismo
Salida Horizontal
Diferenciador Horizontal

Figura 50

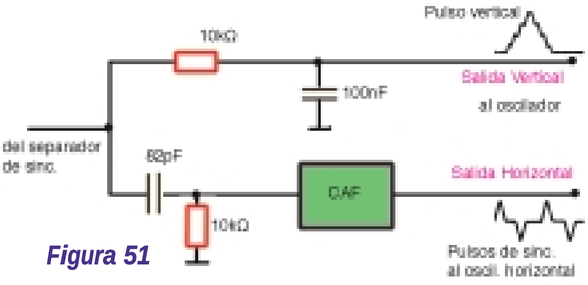
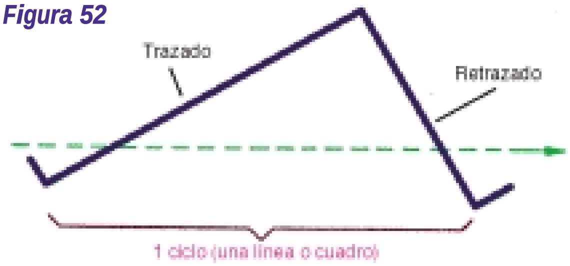

Pulso vertical
10kΩ
100nF
Salida Vertical
al oscilador
del separador de sinc.
82pF
CAF
Salida Horizontal
10kΩ
Pulsos de sinc. al oscil. horizontal

Figura 51

Figura 52



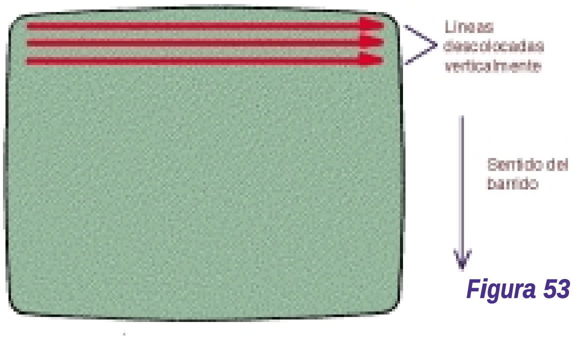


Figura 53

Figura 54

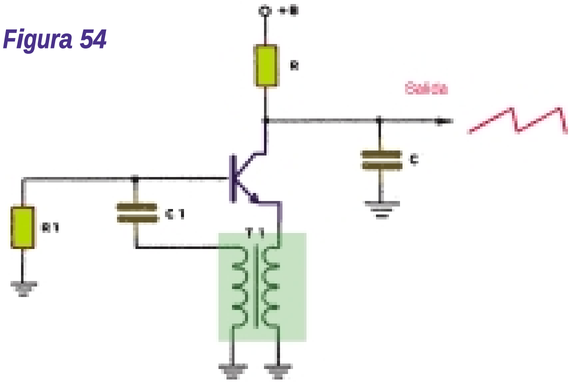
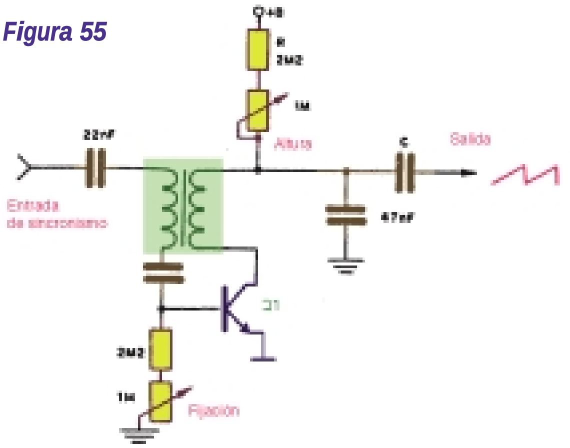


Figura 55



vemos que el movimiento del haz de electrones, por ejemplo, en el sentido horizontal se obtiene mediante la aplicación de una tensión y un par de electrodos paralelos en posición vertical. Así, es la elevación de la tensión y su caída a cero que hacen que el haz de electrones se mueva en el sentido horizontal. Como deseamos un movimiento constante, la forma de onda usada es la llamada diente de sierra. Veamos por qué: ***En la forma de onda diente de sierra, como muestra la figura 52, la tensión sube linealmente hasta alcanzar un cierto máximo dado por las características del circuito.***

En el punto máximo, la tensión cae rápidamente al valor inicial para que se inicie un nuevo ciclo.

La subida debe ser más lenta que la caída, y en términos de barrido del haz de electrones que forma la imagen podemos tener la siguiente equiparación: en la subida lenta, el haz de electrones se desplaza a velocidad constante y barre, por ejemplo, una línea. Al final, la caída hasta el valor mínimo corresponde al llamado retraso, cuando se produce una nueva línea (Ver figura 53).

Para el oscilador vertical vale el mismo raciocinio.

Siendo de frecuencia mucho menor, hace que cada línea producida caiga un poco por debajo de la anterior, sin que haya superposición, hasta completar la pantalla, cuando ocurre entonces el retraso y se inicia un nuevo cuadro.

En la práctica, en los televisores comunes, el circuito usado comúnmente para producir una señal diente de sierra es el oscilador de bloqueo.

En la figura 54 tenemos un circuito típico de oscilador de bloqueo con una válvula.

En este circuito se usa un transformador que es responsable por la realimentación que mantiene las oscilaciones. Como este transformador proporciona la realimentación a partir de la señal retirada del cátodo de la válvula, se lo denomina normalmente oscilador por realimentación de cátodo.

En los televisores que utilizaban válvulas, este circuito era usado con un recurso adicional que era la entrada de la señal de sincronismo, como explicamos en la lección anterior.

En la figura 55 tenemos un ejemplo de oscilador de bloqueo que puede operar tanto en la frecuencia de 50Hz (vertical) como 15.625Hz (horizontal) todo dependiendo de los componentes utilizados. El potenciómetro (o trimpot) y el capacitor conectado en paralelo con su cursor determinan la frecuencia básica de su operación, la cual es sincronizada a través de un tercer bobinado en el transformador. El ajuste de frecuencia del oscilador, como ya destacamos, se hace de modo que la señal de sincronismo pueda entrar en acción al trabar el funcionamiento.

El Oscilador Horizontal

La frecuencia del oscilador horizontal es de 15.625Hz, por lo que es la responsable por los movimientos rápidos del haz de electrones en la reproducción de cada línea de la imagen.

También en este caso, la forma de onda debe ser diente de sierra, indicada en la figura 56.

El tipo de oscilador más usado es también el de bloqueo, pero en el caso del oscilador vertical también existen otras configuraciones que debemos estudiar. Un tipo de circuito que se puede usar también para producir una señal diente de sierra es el multivibrador, como muestra el circuito de la figura 57.

Este circuito hace uso de dos válvulas triodo o bien un doble triodo, pero también se puede conseguir a base de transistores.

Lo que tenemos entonces, es un multivibrador acoplado por cátodo, y que posee una entrada de sincronismo.

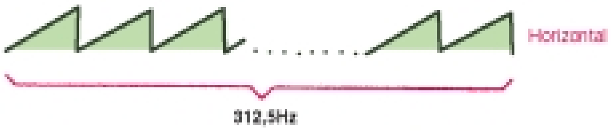


Figura 56

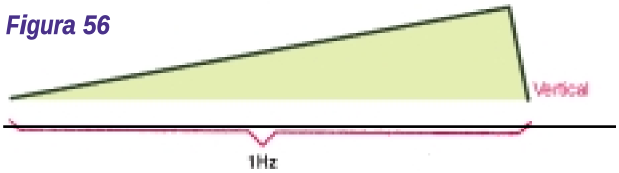


Figura 57

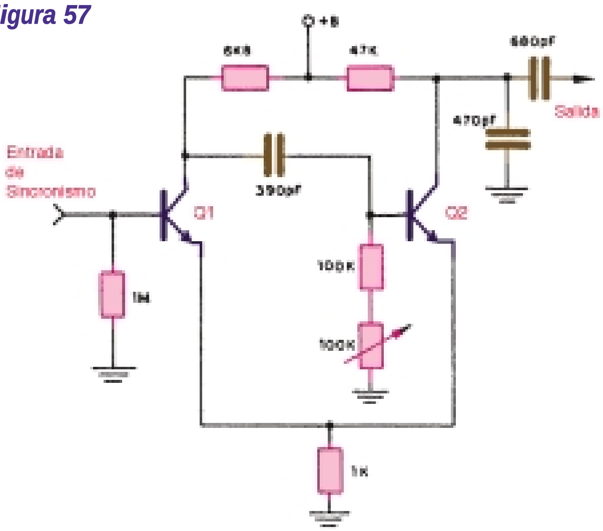
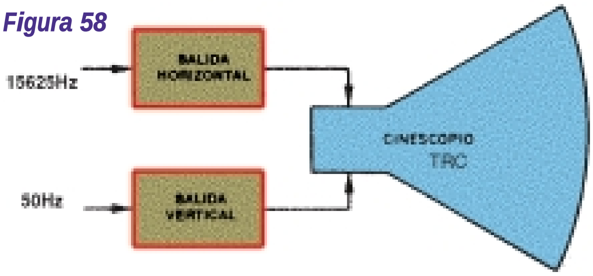


Figura 58



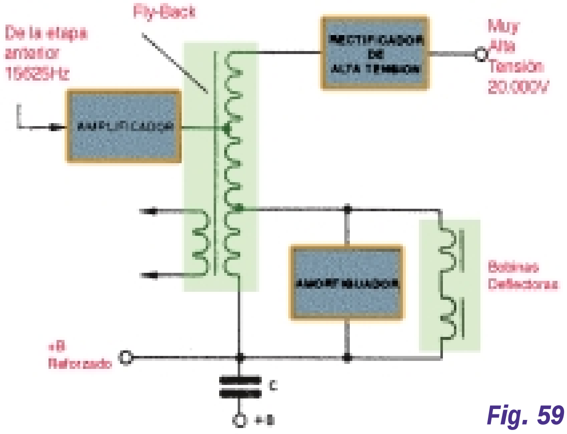


Fig. 59

El ajuste de frecuencia se hace por medio de un trimpot de 100kΩ.

La Deflexión Horizontal

Para que la deflexión horizontal pueda obtenerse es necesaria una potencia relativamente alta de la señal; se usa para esto un amplificador de características especiales. Este amplificador, como muestra la figura 58, es conectado a un conjunto de bobinas en el tubo de rayos catódicos, las cuales crean el campo magnético responsable de la deflexión.

En este caso, el lector debe ver que la deflexión es del tipo magnético y no electroestático.

El circuito de deflexión horizontal tiene también otra finalidad. Siendo inductivo, se puede aprovechar su funcionamiento para la producción de la alta tensión necesaria para la aceleración del haz de rayos catódicos, que es del orden de 14.000 volt.

Para entender mejor el funcionamiento de esta importante etapa, podemos partir de un diagrama simplificado como el que se muestra en la figura 59.

La señal del oscilador horizontal de 15.625Hz, que viene de la etapa anterior, es amplificada por un circuito de potencia que proporciona una corriente de pico situada entre 1 y 3A según el aparato.

Esta señal es aplicada a un auto transformador conocido como ***"fly-back".***

En un par de salidas de este transformador tenemos la conexión del diodo amortiguador y de las bobinas de deflexión.

La finalidad del diodo amortiguador es evitar que el circuito entre en oscilación a cada pulso aplicado por la etapa amplificadora a las bobinas, lo que podría afectar el barrido del haz de electrones.

Vea que el diodo amortiguador y las bobinas de deflexión son conectadas a una salida con menor número de espiras en relación a la entrada de señal, lo que quiere decir que el transformador en este caso funciona como reductor de tensión. Se obtiene así una elevación de la intensidad de la corriente. El mismo transformador tiene también una salida de alta tensión, que sirve para alimentar el ánodo del tubo de rayos catódicos o cinescopio.

Esta salida pasa por un rectificador del cual se obtienen tensiones típicamente situadas entre 14.000 y 30.000 volt, según el tamaño del cinescopio y el tipo de televisor (colores o blanco y negro).

En los circuitos transistorizados se emplean semiconductores capaces de operar con altas corrientes y altas tensiones como el BU205, BUY69, BU208, etc.

En la etapa rectificadora de los aparatos transistorizados (e incluso en los valvulares) tenemos diodos semiconductores (hoy forman parte del fly-back).

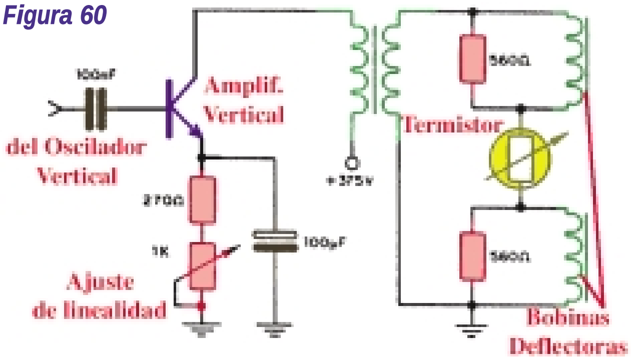
En vista de la elevada tensión de operación de esta etapa, normalmente la misma queda sellada en una caja blindada en el televisor, para evitar no sólo un contacto accidental sino hasta incluso la formación de arcos.

En los circuitos transistorizados, en vista de la potencia exigida para la deflexión, encontramos tensiones bastante altas, si bien menores. En el transformador excitador de una etapa de salida horizontal como ésta, que usa transistores, es común una tensión del orden de 150V.

Para la exploración correcta del haz de electrones, produciendo una línea perfecta, la forma de onda de la señal de barrido debe ser diente de sierra.

En televisores modernos, en lu-

Figura 60



gar de transistores en la etapa de potencia, se pueden encontrar SCRs (diodos controlados de silicio).

La Deflexión Vertical

En principio, el funcionamiento de una etapa de deflexión vertical es el mismo que el de la salida horizontal, con la diferencia que se necesita una potencia menor y una frecuencia más baja, 50Hz, también en la forma de onda diente de sierra. Pero, incluso así, se pueden encontrar tensiones de pico del orden de 800V en las válvulas usadas para esta finalidad.

Un circuito típico de deflexión vertical es el que aparece en la figura 60, utiliza básicamente un transistor.

El oscilador vertical tiene la señal de forma de onda trapezoidal que excita al transistor amplificador de salida vertical.

Esta señal, después de la amplificación, es llevada a un transformador de adaptación de impedancia, el transformador de salida vertical. Este transformador tiene por finalidad adaptar la alta impedancia de salida del transistor con la baja impedancia de las bobinas de deflexión vertical que deben ser alimentadas. Estas bobinas exigen una señal de alta corriente y baja tensión.

Muchas veces se emplean configuraciones de baja impedancia de salida de estos elementos para eliminar la necesidad de usar el transformador de salida.

Un elemento importante de este circuito es el termistor, un dispositivo cuya resistencia depende de la temperatura, montado en el conjunto de bobinas deflectoras. En frío, cuando la bobina tiene menor resistencia, el termistor tiene una resistencia mayor. Cuando el conjunto se calienta, la bobina aumenta de resistencia, al mismo tiempo que el termistor disminuye. En total, la resistencia del circuito se mantiene constante; garantiza así que la altura de la trama se mantenga constante.

Capítulo 13

Reparaciones en Receptores de Radio

Comenzaremos haciendo referencia a búsqueda de fallas y reparación de defectos en radios de AM, pero lo dicho se aplica incluso, a los equipos de comunicaciones actuales.

Hay pequeños defectos que se producen en las radios a pilas que el lector podrá reparar fácilmente, incluso sin demasiada práctica y sin necesidad de instrumentos especiales para su localización. La reparación de estos pequeños defectos puede significar el aumento de su **“prestigio entre sus amigos o familiares”**, cuando falle uno de estos populares "transistores" lo irán a buscar por ser el "electrónico" de la familia. Por otro lado, saber cómo hacer estas reparaciones puede significar incluso algunos ingresos extras que lo ayudarán a mantener este pasatiempo actualmente un poco costoso que es la electrónica. El dinero ganado con estas pequeñas reparaciones podrá ayudar a la compra de componentes.

PEQUEÑAS REPARACIONES

1. Problemas de alimentación

Cuando se colocan pilas nuevas en la radio, y si después de conectada no "suena" para nada, deberá sospechar primero del contacto del soporte de pilas. Frote ligeramente las pilas contra el soporte, y si se oye algo (ruido), puede ser que ya esté detectado el problema. Retire las pilas del soporte y verifique cómo están los contactos del mismo. Si estuvieran oxidados o corroídos por pilas que perdieron líquido, la reparación consiste en raspar los contactos simplemente con una cortaplumas o una hoja afilada.

Vea si el alambre de conexión no está también afectado por la corrosión. Si lo estuviera, será conveniente cambiar todo el soporte (figura 1).

En este caso, desuelde los alambres de la placa de circuito impreso, y al volver a soldar los nuevos, observe bien la polaridad de la conexión.

2. El defecto “motor de lancha”.

Cuando las pilas de la radio se debilitan, la misma comienza a emitir un sonido semejante al de un motor de lancha. Este problema se debe a la realimentación que ocurre en el circuito por el aumento de la resistencia interna de las pilas debilitadas.

En algunos casos, incluso cuando las pilas todavía tienen bastan-

Figura 1

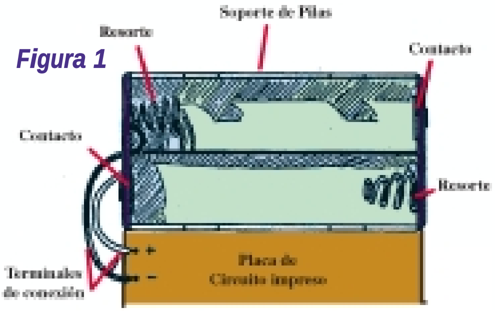


Fig.2

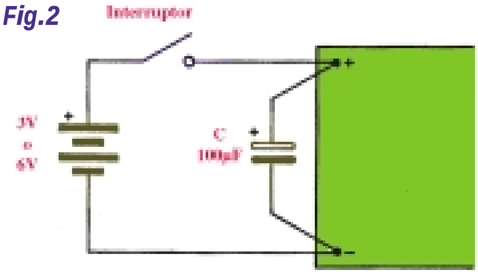


Fig.3

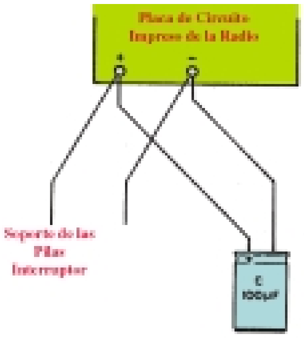

Placa de Circuito Impreso de la Radio
+
-
Soporte de las Pilas Interruptor
C
100µF

Fig.4

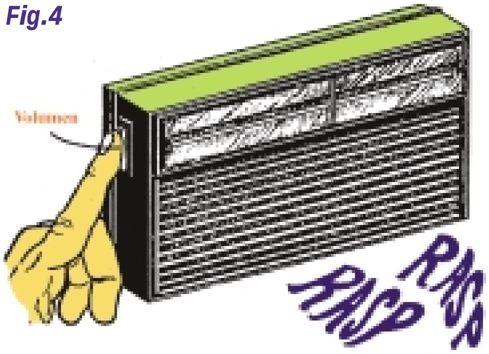
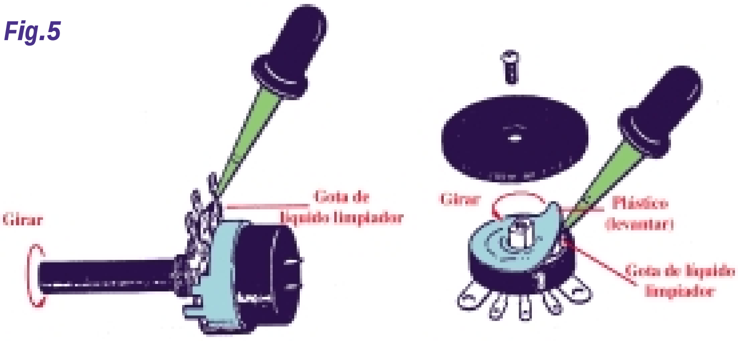


Fig.5



te "energía" para funcionar por cierto tiempo, la presencia de este ruido incómodo impide el uso de la radio, lo que en los tiempos que corren y con el precio de las pilas secas no es conveniente.

Una manera de reducir ese defecto y conseguir que la radio funcione más tiempo, incluso con las pilas un poco gastadas, es conectar en paralelo con la fuente de alimentación un capacitor de 100µF x 12V, como muestra la figura 2. Este capacitor queda entre el positivo y negativo de la fuente, o sea después del interruptor general (conjugado al control de volumen), como muestra la figura 3. Busque un punto adecuado sobre la placa para la colocación de este componente, aislando con "espagueti" sus terminales para que no toquen los demás componentes, y suéldelo.

Vea que en muchos casos el espacio disponible en la caja de la radio no permite agregar este componente.

3. Fallas y ruidos en el control de volumen

Un problema muy común en las radios de transistores es el desgaste del potenciómetro de control de volumen. Cuando aumentamos el volumen, el sonido falla, desaparece, o bien aparece un ruido desagradable semejante al que se produce al raspar el parlante (figura 4).

Este mismo problema puede también manifestarse en variaciones imprevistas del volumen de la radio, que puede sonar alto, luego bajo, y con cualquier sacudida del aparato se puede alterar su comportamiento.

La solución a este problema es la limpieza del potenciómetro de volumen y mejor todavía su sustitución. Para la limpieza, basta dejar caer algunas gotas de alcohol, bencina u otro solvente en el lugar indicado en la figura 5, para los potenciómetros de los dos tipos, y mover su eje, girando adelante y atrás algunas veces hasta que se haya eliminado una eventual acumulación de suciedad.

Después espere un poco hasta que el solvente se haya evaporado y conecte el aparato. En la mayoría de los casos, este procedimiento tendrá como resultado una eliminación del problema o reducción a un nivel aceptable.

Si el recurso de la limpieza no da los resultados esperados, entonces tendrá que cambiar el componente. Para ello, desuelde con todo cuidado los terminales (del potenciómetro y del interruptor) y suelde el componente nuevo que debe tener las mismas especificaciones. Los valores usados comúnmente son de 4k7 ó 10kΩ (figura 6).

Use un destornillador tipo estrella (Philips) pequeño para fijar la perilla del nuevo potenciómetro firmemente.

4. Interrupciones en las placas de de circuitos impresos

Una caída puede ocasionar la rotura de la placa de circuito impreso o también la interrupción de las pistas de cobre. Hasta incluso una pérdida de las pilas puede ocasionar la interrupción de los filetes de cobre, que impedirán el funcionamiento de la radio. Una inspección visual puede revelar fácilmente al "técnico" una eventual interrupción, como muestra la figura 7. En este caso, la reparación consiste en "reparar" el punto interrumpido de la manera que se indica en la figura 8.

Si la interrupción fuera peque-

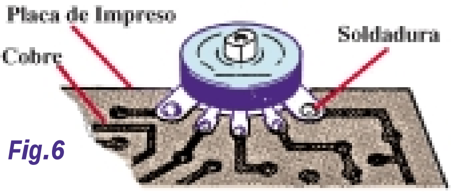


Fig.6

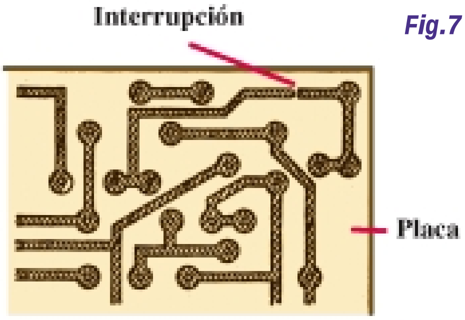


Fig.7

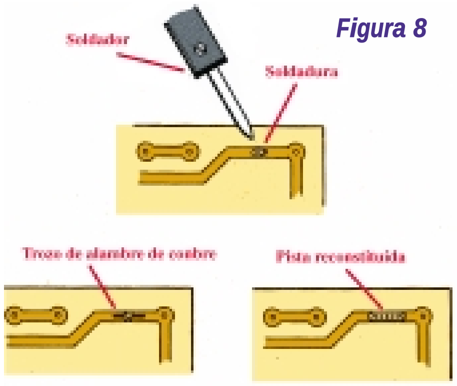


Figura 8

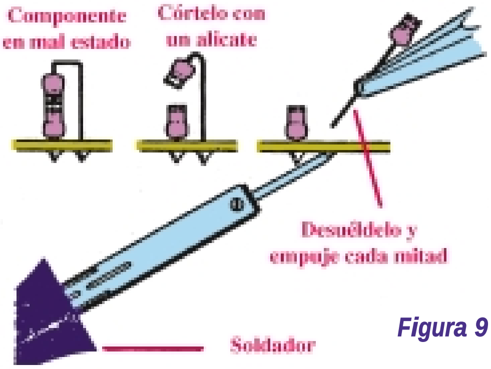
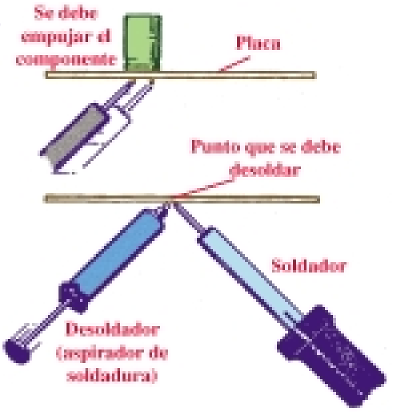


Figura 9

Fig.10


Se debe empujar el componente
Placa
Punto que se debe desoldar
Soldador
Desoldador (aspirador de soldadura)

ña, un poco de soldadura resolverá facilmente el problema, pero si hubiera peligro de que la misma se abra nuevamente, o para una reparación más perfecta, use un refuerzo que consistirá en un pedacito de cable desnudo soldado en la pista de cobre, como muestra la misma figura.

Limpie bien el lugar donde hará la soldadura, principalmente si la interrupción fue provocada por pérdidas de las pilas para que no existan malos contactos. Si la placa también estuviera rota el lector podrá pegarla con algún tipo de adhesivo fuerte.

5. Cambios de componentes

Un componente partido o que visualmente parezca estar en mal estado puede ser cambiado por otro del mismo valor, usando una técnica adecuada que es la siguiente (en el caso de resistores): córtelo al medio, separando sus terminales, luego aplique el calor del soldador, tirando de cada mitad con la pinza (alicate) de punta (figura 9).

Para el caso de los capacitores, aplique rápidamente calor en los dos terminales al mismo tiempo, tirando del componente para sacarlo. Al colocar el nuevo componente limpie los orificios y al mismo tiempo caliente el lugar para que los terminales puedan entrar fácilmente. Si puede use desoldador para este fin, como muestra la figura 10.

En el cambio de diodos, transistores, y otros componentes polarizados, observe siempre la polaridad y posición en la colocación. Use siempre el tipo original y nunca sustitutos. Vea que el cambio de componentes sólo debe hacerlo si tiene la seguridad absoluta de que están en mal estado, lo que no siempre se puede determinar visualmente.

6. Problemas del parlante

Sonido gangoso, falta de sonido, distorsiones fuertes, son algunos de los síntomas de que el parlante tiene problema. Una inspección visual puede ayudar a verificar el estado de un parlante. Un problema común que perjudica la calidad de sonido de una radio es la rotura del cono en la articulación próxima al borde, como muestra la figura 11.

En este caso, la solución más sencilla es la utilización de un poco de cola plástica, si bien esto no permitirá eliminar el problema por completo. El sonido mejorará sólo un poco. La mejor solución es el cambio por otro parlante de las mismas características. La ausencia de sonido significa la existencia de interrupción en la bobina o en el transformador de salida. Si el lector tiene un parlante adicional será fácil comprobarlo.

Conéctelo en paralelo con los terminales del parlante de la radio. Si la recepción fuera clara, está confirmado que el problema es del parlante. Si la reproducción también fuera deficiente entonces tenemos un problema de circuito más difícil de localizar.

En el cambio del parlante el lector debe observar algunos puntos importantes. El primero se refiere al tamaño del nuevo parlante que debe ser del mismo que el original, pues de lo contrario tendrá problemas para colocarlo en la caja. El segundo se refiere a la impedancia marcada en ohm (Ω) en el propio parlante retirado y que debe ser la misma en el nuevo. Si Ud. es un principiante en esta disciplina, lo mejor que puede hacer es retirar con cuidado el parlante averiado y llevarlo al negocio de venta de componentes de electrónica para verificar si el mismo tiene las mismas características que el que va a colocar. En este punto cabe aclarar que para la mayoría de ***radios*** comerciales, puede ir cualquier parlante, sólo debe respetar el tamaño para que quepa en el gabinete.

7. Problemas de ajustes

En ciertos casos, la falta de sensibilidad de una radio que "capta" con dificultad incluso las estaciones locales puede estar en el ajuste, alterado inadvertidamente por el dueño del aparato que intentaba mejorar su desempeño. Si bien el ajuste ideal debe hacerse con ayuda de aparatos especiales, se puede hacer a oído un ajuste razonablemente bueno, dentro de las posibilidades del lector. Para esto el procedimiento es el siguiente:

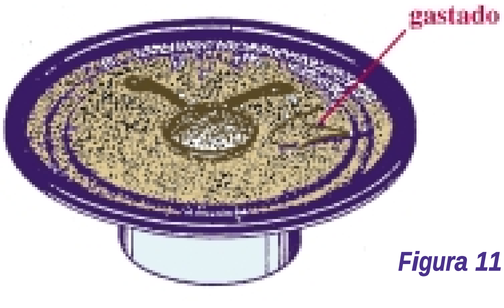


Figura 11

Figura 12

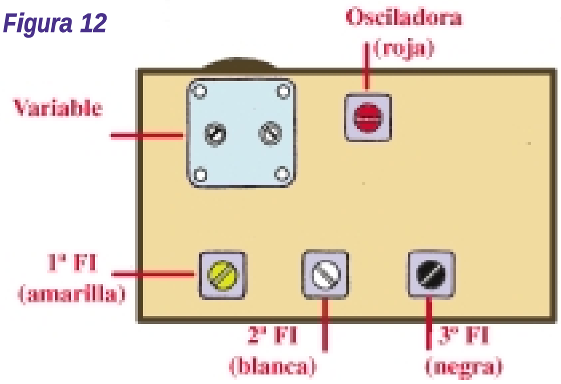
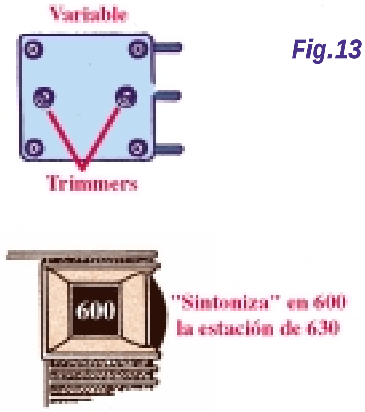


Fig.13



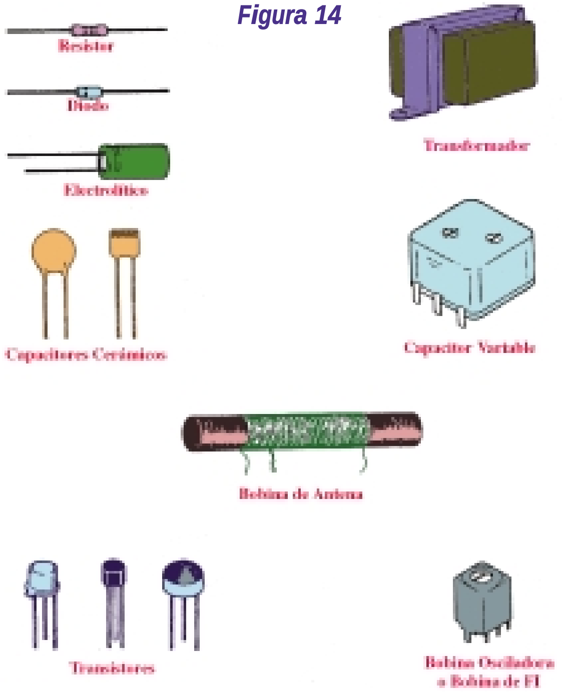
a) ajuste de las bobinas de FI (frecuencia intermedia).

Estas bobinas son las que tienen pequeños tornillos de colores que corresponden a un código de orden (figura 12).

Primera FI - amarilla
Segunda FI - blanca
Tercera FI - negra

Vea que la bobina con núcleo rojo no es de FI, y sí osciladora, por lo que se calibrará posteriormente, como ya explicaremos.

Figura 14



El ajuste de estas bobinas se debe hacer con un destornillador adecuado de material no ferroso (lo mejor es un palito de madera) preferiblemente, pues el metal de un destornillador puede perjudicar el procedimiento.

Comience la sintonización de una estación cualquiera en el medio de la banda, preferentemente débil y colocando la radio en un 3/4 de su volumen máximo. Después, con la llavecita de madera o plástico vaya moviendo sucesivamente los núcleos (tornillos) de las bobinas amarilla, blanca y negra hasta obtener el máximo del volumen. Repita este ajuste una o dos veces hasta obtener el máximo.

b) Ajuste del trimmer y de la bobina osciladora.

Sintonice una estación en el extremo superior de la banda, alrededor de 1.500kHz y procure ajustar los dos trimmers del variable para que su volumen sea máximo. El lector verá que uno de los trimmers "desplaza" la estación mientras que el otro influye en su intensidad.

El trimmer que ***"desplaza"*** será usado si el lector nota que la frecuencia real de la estación (dicha por el locutor) no corresponde con el número marcado en el indicador de sintonía en que usted la "e***ncuentra"*** (figura 13).

Después sintonice una estación en el extremo inferior de la banda, alrededor de los 600kHz y mueva con cuidado el núcleo de la bobina roja para obtener el máximo de volumen. En algunos casos, este trimmer también podrá desplazar la estación.

Vea que después de este ajuste será conveniente retocar los ajustes de las FI para obtener nuevamente el mejor rendimiento.

Búsqueda de Fallas en Receptores de AM

Actualmente, los tipos de radios que existen en los comercios son muchos y las variaciones alrededor de los circuitos típicos son más numerosas todavía. Esto obliga al técnico a tener una capacidad de análisis mayor que antiguamente, en el sentido de descubrir posibles defectos. Pero el principal problema que encuentran los novatos es la identificación de los componentes usados en radios pequeñas y cómo "sacar" su esquema cuando el mismo no está disponible en un manual, en el propio gabinete de la radio o de algún otro modo.

En verdad, los componentes usados en todos los tipos de radios varían muy poco, lo que significa que dificilmente el lector hallará alguna pieza realmente diferente de las que está acostumbrado a usar en nuestros montajes. Lo que varía bastante es la disposición de los componentes, o sea, las configuraciones halladas. Por otra parte, tenga en cuenta que la mayoría de los receptores comerciales portátiles económicos poseen un circuito integrado y pocos componentes asociados, lo que ***modifica*** el método de búsqueda de fallas y reparación que explicamos en este capítulo.

Sin embargo, los reparadores experimentados saben que muchos minicomponentes y equipos de comunicaciones poseen, en la parte de recepción de señales de radio, componentes discretos, razón por lo cual es perfectamente aplicable todo lo que aquí explicamos.

8. Los componentes

En la figura 14 se ilustran la mayoría de los componentes que puede encontrar en una radio comercial transistorizada y en la figura 15 tenemos un diseño típico de una radio transistorizada de ondas medias o

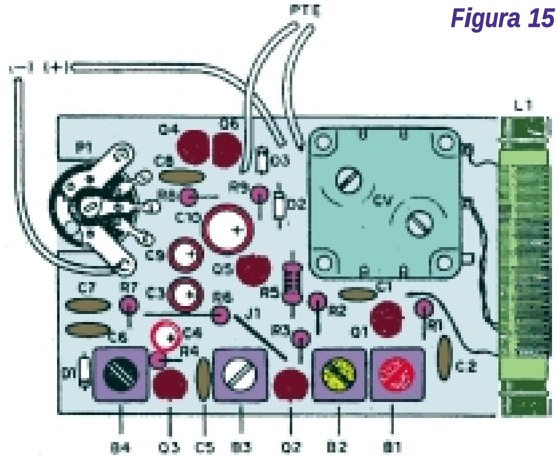


Figura 15

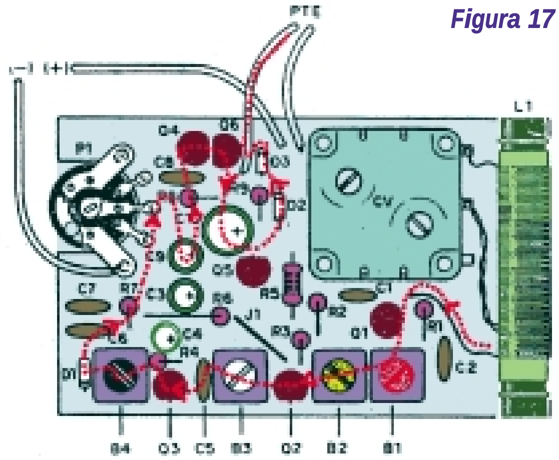


Figura 17

sea una radio AM que puede servir perfectamente para el aprendizaje del lector que desea iniciarse en la reparación. El diagrama de esta radio aparece en la figura 16, con lo que haremos un análisis conjunto.

Como pueden ver los lectores, en las etapas de audio hallaremos básicamente transistores, capacitores, resistores y diodos. Ya en las etapas de RF, además de estos componentes, tenemos las bobinas de FI, osciladora y de antena.

Existen diversas configuraciones para las etapas de salida de audio, algunas de las cuales hacen uso de transformadores.

La presencia de la conexión del parlante y del control de volumen permiten identificar las etapas de audio de la radio y la presencia de los transformadores de FI permite identificar las etapas de frecuencia intermedia. Además la presencia del capacitor variable, la bobina de antena y la osciladora permiten identificar la etapa de entrada. Todo esto permite que las cosas resulten bastante más fáciles a la hora de una reparación.

De este modo, aunque el lector no disponga del esquema de la radio que quiere reparar, mediante estos "trucos" la identificación de las etapas y de los componentes y si es preciso, hasta la elaboración del circuito, se solucionan en gran medida.

Para los casos de los transformadores de FI se debe tener siempre en cuenta su orden de colocación dado por los colores de los tornillos de ajuste. Recordamos que la bobina roja es la osciladora, y que en algunos casos las bobinas blanca y amarilla son intercambiables.

Tomando nuestra radio de AM, a partir de la propia placa del circuito impreso, podemos establecer el recorrido de la señal como muestra la figura 17 y con esto identificar los componentes. Este recorrido es muy importante, pues al buscar un defecto con el inyector de señales, se podrá determinar exactamente en qué componentes debemos hacer su aplicación.

9. Análisis con el inyector de señales

El inyector de señales es el instrumento de prueba más eficiente en la reparación de pequeñas radios, juntamente con el multímetro. Con estos dos instrumentos podremos fácilmente determinar las etapas que no funcionan, o que lo hacen de modo deficiente, y partiendo de allí, llegar a los componentes que deben ser sustituidos.

En nuestro caso, usamos el inyector de señales haciendo el análisis de dos circuitos independientes. Separamos los circuitos de RF de los circuitos de audio, por el componente que más fácilmente se identifica en una radio, cualquiera sea su tipo: el potenciómetro de control de volumen. El procedimiento típico que debe seguir el lector, cuando posee una radio que no funciona es el siguiente:

a) Coloque las pilas en el soporte y, con el multímetro, verifique en primer lugar si existe tensión de alimentación en la placa cuando se conecta el potenciómetro. (Este procedimiento vale para las radios que no dan señal alguna cuando se las conecta, pues el chasquido en el parlante ya indica la presencia de alimentación, con lo que se puede

Figura 16

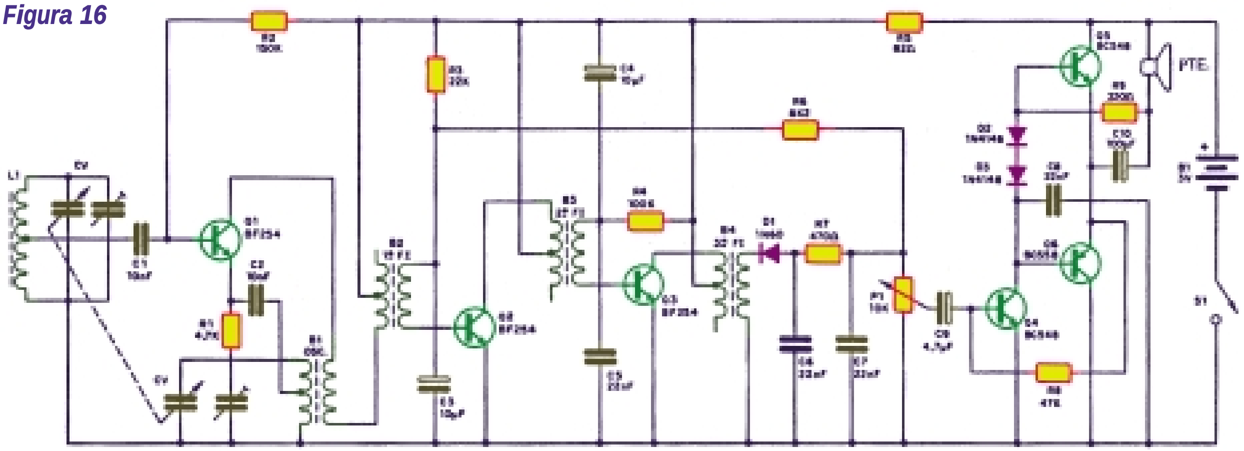


Figura 18

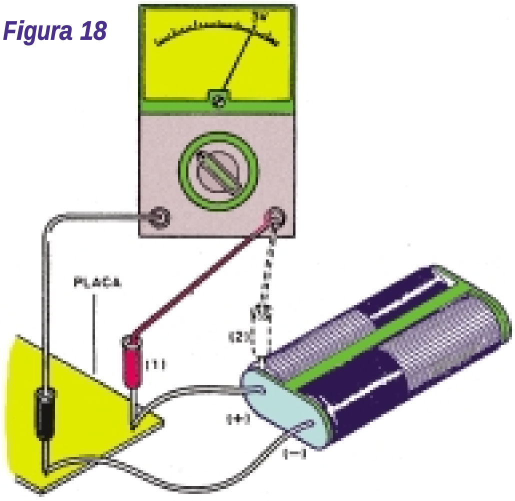


Figura 19

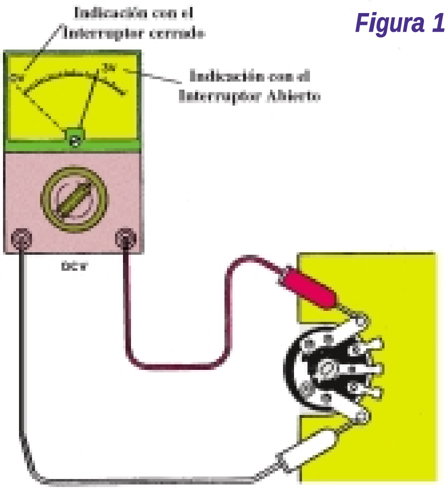
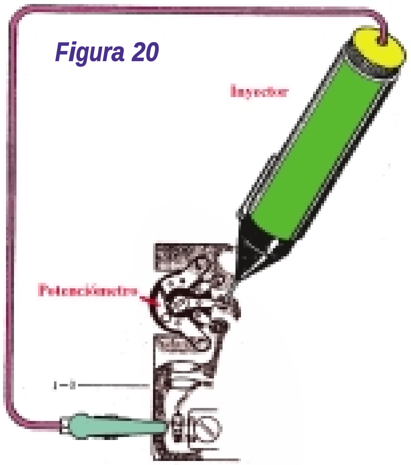

Indicación con el Interruptor cerrado
Indicación con el Interruptor Abierto
3V
DCV

Figura 20



suprimir esta prueba). Si no hay tensión, debemos sospechar primero de los contactos de las pilas. Vea si no están sucios, o si el alambre de conexión no está partido por dentro. Use el multímetro para eso, como muestra la figura 18.

Si el soporte de pilas y sus cables están en orden, vea si el interruptor del potenciómetro de volumen no tiene algún defecto. Conecte el multímetro antes y después de los contactos del interruptor. Con el interruptor conectado tiene que haber la misma tensión de los dos lados (figura 19).

b) Constatada la alimentación de la radio, y también la falta de señal, el primer punto en que aplicaremos la señal del inyector es en el terminal central del potenciómetro de control de volumen, según la conexión mostrada en la figura 20.

Si la reproducción de la señal fuera normal, o sea, si el parlante "chilla" entonces el problema está en las etapas anteriores, de RF y FI, que deberán ser analizadas. Pero si no hubiera reproducción alguna, podemos tener la certeza que algo va mal con las etapas de audio.

Veamos cómo proceder en el caso en que no haya ninguna señal:

En primer lugar inyectamos la señal en la base de Q4, o sea, del primer transistor que encuentra la señal en su recorrido a partir de ahí. Si hubiera ahora reproducción, entonces el problema habrá sido localizado: se debe cambiar el capacitor C9.

Si todavía no hubiera reproducción, pasamos el inyector al colector de este transistor.

Si la señal aparece, entonces el problema está en este transistor, que debe sustituirse. Si no aparece, entonces debemos verificar los transistores de salida (Q5 y Q6), el capacitor de salida C10, y el propio parlante. Usamos el multímetro para medir las tensiones. En los emisores de los transistores, si están buenos, así como la conexión de los diodos, debe haber una tensión de alrededor de 1,5V (figura 21). Del mismo modo, una tensión de valor diferente a 3V en el parlante, indica que éste se encuentra abierto. Para el caso que el defecto no esté en esta etapa, o sea, aparece la señal cuando la inyectamos en el potenciómetro, entonces el análisis es el siguiente. Pasamos a aplicar la señal del inyector a partir del extremo superior del potenciómetro de control de volumen (terminal que va al diodo detector) en dirección a las etapas de entrada de RF.

Si en este punto la señal ya estuviera ausente, entonces el problema estará en el potenciómetro, que deberá ser sustituido, pues puede hallarse abierto (no dando pasaje a la señal).

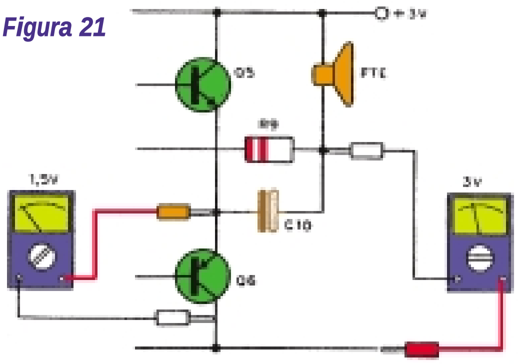
Si la señal estuviera presente, entonces, en la figura 22 damos la sucesión de puntos de aplicación.

Si la señal desaparece en uno de los puntos de una de las etapas de FI, entonces habremos localizado la región del problema. Deberemos ahora hacer un análisis con el multímetro en el sentido de encontrar el componente o componentes malos. Medimos entonces las tensiones en los diversos puntos de la etapa.

Si la tensión fuera nula en el colector del transistor, deberemos verificar si existe continuidad en la bobina de FI. Esto se hace desconectando la radio y con el multímetro en la escala más baja de ohm. La resistencia del bobinado de la bobina debe ser muy baja, del orden como máximo de algunos ohm. Si fuera infinita entonces la bobina está abierta y debe ser cambiada. Si la bobina está buena, pero la tensión fuera baja y el transistor calienta, es señal que el mismo se encuentra en corto y se lo debe cambiar.

Si la tensión estuviera normal en el colector, pero no en la base, debemos verificar si la bobina en la base del transistor no se encuentra abierta, procediendo del mismo modo que en el caso anterior con el

Figura 21



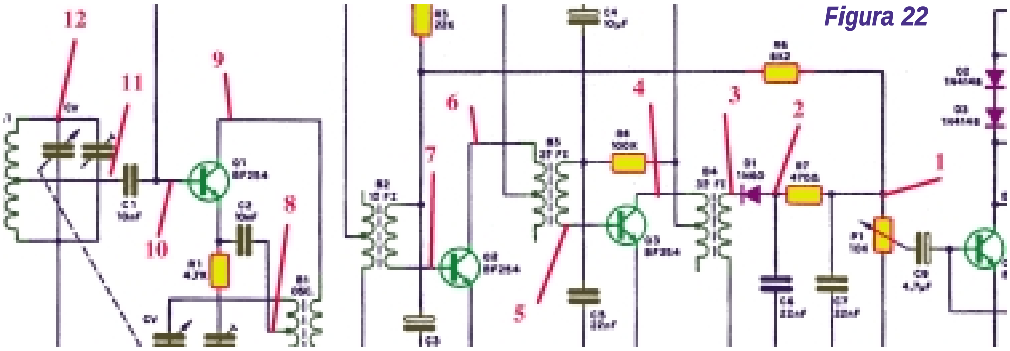


Figura 22

multímetro. Conforme la etapa, los capacitores C3 y C4 también deben ser probados, pues deben estar abiertos.

Si la señal estuviera presente hasta en la primera etapa de FI, entonces el problema estará en la etapa osciladora/mezcladora, que tiene por base el transistor Q1.

Aplicando la señal en la base de Q1, si la misma es reproducida, entonces tendremos que verificar tanto las conexiones como el estado de la bobina de antena (L1), de la bobina osciladora (roja), y de la primera FI (amarilla) haciendo la prueba con el multímetro en la escala de ohms. Si no hubiera reproducción cuando aplicamos la señal en la base de Q1, pero la misma ocurre normalmente cuando la aplicamos en el colector, entonces debemos sospechar del transistor.

10. Conclusiones

En principio parece muy simple el procedimiento aplicado, pero pueden ocurrir muchas cosas más, como por ejemplo el hecho del problema que no se localiza en un componente en sí, sino en una interrupción de la placa de circuito impreso, en un mal contacto de un resistor u otro componente que difícilmente presente problemas. Todo esto debe tenerse en cuenta en el análisis, si de entrada no se encuentra nada.

También se debe tener en cuenta que la radio a veces no funciona simplemente por estar mal su calibración, lo que debe verificarse antes que otra cosa, con la ayuda del inyector. Una señal anormalmente baja en el primer análisis puede indicar esto.

Todo depende de la práctica que el lector va a ir adquiriendo con el tiempo, si tiene realmente voluntad de volverse un eficiente técnico reparador.

Reparaciones de Equipos con Circuitos Integrados

El hecho de que un circuito integrado puede contener decenas, centenares o millares de componentes en el mismo encapsulado, asusta a algunos técnicos.

Es común encontrar técnicos atacados por el pánico ante la eventual reparación de esos equipos pues ignoran cómo están conectados los componentes.

Si dejan de trabajar con esos aparatos, los técnicos que ***rozan*** la práctica electrónica (electricistas, por ejemplo) no sólo pierden la oportunidad de ganar más, sino que quedan atrasados en el oficio y pierden clientela. No se puede discutir que la tendencia de la electrónica moderna es utilizar cada vez más circuitos integrados, sobre todo especializados.

Recordemos que llamamos circuitos ***"especializados"*** a aquéllos que ejercen una sola función específica, como un amplificador de video, por ejemplo, un amplificador de audio completo, un decodificador de FM, etc.

En estos casos no hay "equivalentes" de los integrados y siempre debe usarse uno del tipo original.

Todos los componentes que constituyen un integrado se fabrican en un solo proceso delicadísimo sobre una pastilla de silicio. Los componentes se graban en esa pastilla de tal manera que es imposible quitarlos, combinarlos o repararlos. Eso también se debe al hecho de que la pastilla se encierra en una envoltura hermética, como muestra la figura 1.

El único acceso a un componente que tenga un problema es mediante la rotura de la envoltura y esto dañaría los demás componentes. Es así que, a pesar de que el circuito integrado tiene las ventajas de la mayor flexibilidad, mayor número de componentes por unidad de espacio, debe considerarse una desventaja la imposibilidad de arreglarlo. Los integrados de la mayor parte de los aparatos son de costo accesible, normalmente mucho menor que el de los componentes aislados, si se adquieren en forma independiente.

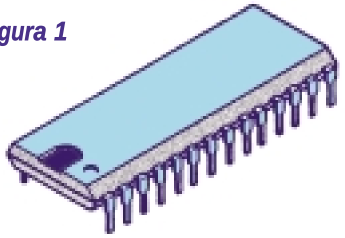
CÓMO PROCEDER

Tomemos como ejemplo un radiograbador integrado. Este equipo puede llevar, por ejemplo, dos circuitos integrados; uno está dotado de un amplificador completo (IC2) y el otro tiene las etapas de RF para AM y FM, FI para las dos bandas y, además de eso, los circuitos detectores.

Cómo analizar estos integrados en caso de falla de circuito?

El mejor procedimiento es que el técnico aísle esos componentes

Figura 1



para poder certificar si existe algo anormal referente a esos integrados. Para esa finalidad, el técnico puede trabajar inicialmente con el inyector o generador de señales.

Vemos, entonces, que en la etapa de audio de este radiograbador, la entrada de señal de IC2 corresponde justamente al pin 1 (figura 2).

Inyectando una señal en ese pin, con el radiograbador en la posición de reproducción o de radio (AM/FM) debe producirse la reproducción en los parlantes o aparecer amplificación en el jack EP. Vea que la salida de este integrado corresponde justamente al pin 6. La prueba de los componentes alrededor del integrado es el primer paso para verificar si existe algún problema con ese componente. Si todos los capacitores y resistores estuvieran en orden, pasamos entonces al análisis de las tensiones en los pines de los integrados.

El técnico debe tener en el taller los manuales de reparación adecuados. Esos manuales, como el National, contienen las informaciones esenciales para la reparación, como por ejemplo, tablas con las tensiones que deben encontrarse en los pines de cada integrado. Para el caso C2 tenemos la siguiente tabla:

Pin	Tensión (V)
1	4,6
2	4,2
3	9,2
4	9,3
5	9,0
6	4,7
7	4,7
8	4,7

Las condiciones en que esas tensiones se obtienen, son importantes. En este caso, esas tensiones se obtuvieron con la señal, volumen y tonalidad en el mínimo y una tensión de alimentación de 120V. La llave de grabación se dejó en la posición ***"reproducción".***

Vea entonces que una tensión anormal medida en este componente, con los elementos a su alrededor en buen estado, significa que hay que cambiar el integrado. Para confirmar esto, es interesante retirar momentáneamente el componente o componentes conectados en el pin con la tensión anormal.

Si medimos en el pin 5 una tensión anormal y si este componente tiene los elementos que lo rodean en buen estado, significa que hay que cambiar el integrado. Para confirmar esto es interesante retirar momentáneamente el componente o componentes conectados en el pin con la tensión anormal. Si medimos en el pin 5 una tensión demasiado baja, antes de cambiar el integrado, es interesante verificar si el defecto no se debe al capacitor C72 que puede tener una fuga excesiva o estar en corto. Si la colocación de un capacitor nuevo, en el caso de que el primitivo esté arruinado, mantuviera la tensión anormal, entonces realmente debe cambiarse el integrado.

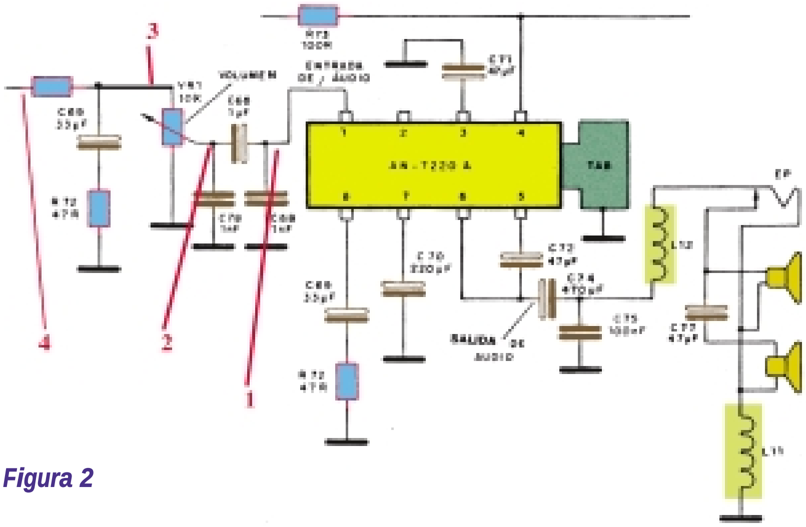


Figura 2

CONCLUSIÓN

Para la reparación de los equipos que usan circuitos integrados, el técnico necesita tener una cierta preparación. Debe disponer de informaciones sobre la función de los integrados que están en el aparato. Para eso es importante disponer de un diagrama completo del aparato y hasta de un manual de mantenimiento.

También debe tener información sobre las tensiones normales que se encuentran en el integrado y los recursos para medirlas.

Finalmente, debe estar en condiciones de saber dónde poder inyectar o, eventualmente, retirar señales de un integrado para conocer si éste es realmente la causa del problema y no otras etapas del mismo aparato.

CÓMO USAR EL INYECTOR

Muchos diagramas indican el recorrido de las señales de audio determinadas.

Ese recorrido corresponde justamente al que debe repetirse en las pruebas con el inyector de señales. Si no existiera el conocimiento del recorrido, el lector deberá tener el raciocinio y el conocimiento necesarios para analizar el diagrama y saber exactamente dónde están las entradas y salidas de las etapas de audio.

En la misma figura 2 tenemos los puntos de inyección de señales de audio para el equipo que hemos elegido como ejemplo.

En esta prueba, la toma negativa del inyector debe estar conectada a la masa del aparato y entonces la punta de prueba se apoya en los puntos indicados en la figura. La reproducción de la señal debe ocurrir en todos los casos. Vea que en la prueba antes del control de volumen, éste debe estar abierto para que se produzca la reproducción de la señal.

Fibras Opticas

GENERALIDADES

En casi todos los sistemas de comunicaciones, se emplea una señal básica que sirve de transporte a la información que se transmite; a esta señal se le llama **portadora** y a la información transportada **moduladora**. Y conforme mayor sea la frecuencia de la portadora, mayor será su capacidad de transportar información. En el caso de la luz, como su frecuencia es muy alta, resulta muy superior como portadora de señales comparada con cualquier señal de microondas.

Desde el desarrollo del láser (castellanización de LASER, *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*), a principios de los años 60's, han ocurrido múltiples eventos que han transformado el concepto de las comunicaciones. Uno de ellos es la invención del diodo semiconductor láser (ILD), que ha cubierto satisfactoriamente la necesidad de una fuente barata, eficiente y de larga vida (típicamente 10^8 horas) de ondas luminosas coherentes para servir como ondas portadoras de señales codificadas; otro adelanto valioso es el uso de fibras ultrafinas de baja atenuación, conveniente para la transmisión de ondas luminosas a larga distancia. En definitiva, el diseño de microcircuitos ópticos para comunicaciones es una perspectiva práctica.

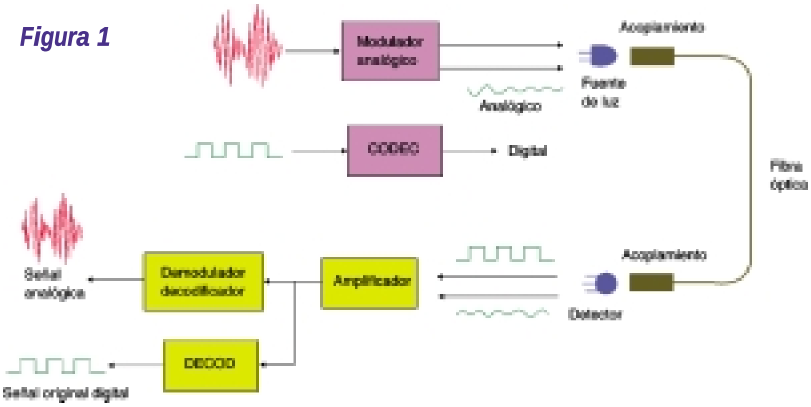
En el terreno del audio y video, se han diseñado dispositivos láser para distintas necesidades. Dos de las más conocidas son el captor láser utilizado en los reproductores de CD, y los enlaces entre equipos de audio para la transmisión de las señales recuperadas del medio de almacenamiento; en este caso, se utiliza un LED convencional como fuente luminosa, un tramo de fibra óptica como medio de transmisión y un fototransistor como receptor, eliminando por completo la posibilidad de interferencia externa que se suscita con los cables de cobre.

ENLACE ÓPTICO CON FIBRA

El proceso de transmisión por fibra óptica lo podemos sintetizar de la siguiente forma: ***una señal eléctrica se transforma en una señal luminosa que se acopla dentro de la propia fibra óptica; después la señal se recupera en el otro extremo, se amplifica y se convierte nuevamente en una señal eléctrica.***

Existen dos tipos de modulación que se pueden emplear en el envío de información por fibras ópticas: digital y analógica. En la modulación analógica la intensidad de la portadora (rayo de luz) varía continuamente, siguiendo las variaciones de la señal que se desea transmitir. En tanto, en la modulación digital la intensidad de la señal portadora sólo tiene dos estados: encendido y apagado; esto es, la señal portadora se enciende y apaga de una forma extremadamente rápida, representado de esta manera a los bits de información. La comunicación digital es la más utilizada, pues permite la comunicación a grandes distancias con la misma potencia; aunque en el caso de la comunicación analógica es mucho más fácil de implementar.

Figura 1



Como se indica en la figura 1, una señal de entrada se emplea para modular una fuente de luz, por ejemplo un LED (diodo emisor de luz) o un ILD (diodo de inyección láser). Si se usa señal digital, se requiere de un codificador en la entrada y de un decodificador a la salida; por el contrario, si se usa señal analógica, el CODEC ya no es necesario.

La señal procesada, ya sea analógica o digital, está lista para ser enviada a la fuente de luz para su transmisión. Para ello, dicha señal modulada debe acoplarse en la fibra óptica; y esta es la etapa más crítica del proceso, pues aquí se puede generar la mayor parte de las pérdidas de señal.

Una vez que la luz se acopla en la fibra, ésta se atenúa en su viaje, y además está sujeta a distorsión. El grado de distorsión es el límite que tiene esta tecnología para la velocidad de datos máxima que se puede transmitir por una fibra.

Al llegar al final de su trayecto, la luz se acopla en el elemento fotodetector (por ejemplo, un fotodiodo), donde también existe la posibilidad de pérdida, aunque considerablemente menos severo que en la fuente. La señal que se recibe es amplificada, reprocesada o decodificada para reconstruir la señal de entrada original.

Ventajas de las fibras ópticas

Enseguida hablaremos de algunas de las ventajas de los sistemas de fibras ópticas respecto de su competidor directo: el sistema de transmisión por cable.

Gran ancho de banda

Las fibras ópticas trabajan con frecuencias de portadora del orden de 10^{13} a 10^{14}Hz, mientras que un cable de cobre apenas alcanza un nivel de máximo de 10^7 - 10^8Hz.

Tamaño y peso pequeño

Una sola fibra es capaz de reemplazar a una gran cantidad de alambres de cobre individuales. Las fibras pueden ser tan delgadas como 70 micrómetros (aproximadamente el grueso de un cabello humano).

Menor atenuación

Tramo a tramo, la fibra óptica muestra menor atenuación que el cable trenzado y que el cable coaxial; además, la atenuación en las fibras ópticas es independiente de la frecuencia de la señal.

Seguridad

Muchos sistemas por cable requieren de precauciones especiales para evitar cortocircuitos entre cables o entre cable y tierra; la naturaleza dieléctrica de la fibra hace imposible la aparición de chispas que ocurren durante las comunicaciones.

Bajo costo

El costo de la fibra óptica continuamente baja, mientras que el del cable de cobre aumenta.

FÍSICA DE LA LUZ

Se ha demostrado que la luz (de hecho, energía electromagnética) viaja aproximadamente a 300,000 km/s en el espacio vacío. También se ha demostrado que en materiales densos la velocidad de la luz se reduce. La reducción de la velocidad de la luz y su paso desde el espacio vacío a un material denso produce ***refracción***; esto es, cuando la luz cambia de medio sucede una desviación de la trayectoria original, hecho que fácilmente podemos comprobar si colocamos una cuchara dentro de un vaso con agua. Al mirar lateralmente, notaremos que la imagen de la cuchara en la parte que queda dentro parece desplazada de la que se encuentra afuera.

De hecho, la reducción de la velocidad de la luz es diferente para cada longitud de onda o frecuencia (es decir, para cada color en el caso de la luz visible). Por lo tanto el ángulo de desviación es diferente para cada longitud de onda.

Cuando la luz blanca (compuesta por luz de varios colores) atraviesa por un prisma, se suceden desviaciones graduales debido a las distintas frecuencias que la componen; esto produce lo que conocemos como espectro, y cuando esto se produce en escala atmosférica entonces se observa un arco-iris.

El ángulo real de desviación de la luz en una interfase (unión física entre dos medios de distinta densidad), es predecible y depende del índice de refracción de la densidad del material. El índice de refracción comúnmente se representa por el símbolo ***n*** y se obtiene por la razón de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en el material:

n = (Velocidad de la luz en el vacío) / (Velocidad de la luz dentro del material)

Aunque ***n*** está en función de la longitud de onda, la variación en muchas aplicaciones es lo suficientemente pequeña para ser ignorada, y se da un solo valor para cualquier frecuencia.

Expliquemos qué sucede cuando un rayo de luz que atraviesa dos materiales con índices de refracción ***n1 y n2***. Supongamos que el rayo de luz procedente del material que viaja por n1 incide en el punto de interfase "P" y atraviesa hacia el material con índice ***n2***. La Ley de Estados de Snell indica que:

$$n1 \, \text{sen}(A1) = n2 \, \text{sen}(A2)$$

Por lo tanto, para determinar el ángulo de refracción A2 simplemente despejamos de la ecuación como sigue:

$$A2 = \arcsen [(n1 * \text{sen}A1) / n2]$$

Si el material 1 es aire, entonces el índice de refracción n1 es 1; y si n2 es mayor de 1, A2 debe ser menor que A1. En el paso a través de la interfase la luz es refractada (cambia su ruta normal) de su ángulo normal.

Si el material 1 no es aire pero tiene un índice de refracción menor que el material 2, el rayo será refractado de su ruta normal. Un rayo que incide en la interfase presenta un ángulo de refracción de 90°, siempre que ***n1 > n2***. Usando la ley de Snell:

$$\text{sen}A2 = (n1/n2)\text{sen}A2$$
$$\text{ó con } A2 = 90^\circ$$
$$\text{sen } A1 = (n2/n1) = \text{sen}Ac$$

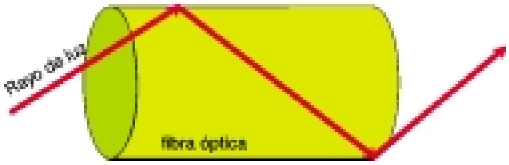
El ángulo Ac se conoce como ***ángulo crítico***, y define el ángulo del rayo incidente con el cual no pasará a través de la interfase. Para ángulos mayores que Ac, el cien por ciento de los rayos son reflejados y el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. La característica de la luz incidente para un ángulo mayor que el ángulo crítico es un concepto fundamental a partir del cual se basa la operación de las fibras ópticas. Aplicando el concepto de reflexión total interna en la interfase n1 y n2, podemos ahora asegurar que la propagación por el corazón de la fibra y el contraste de la luz incidente asegura la propagación al final de la fibra. Cuando la luz se acopla dentro de la fibra, es reflejada continuamente en de las paredes de la misma, hasta su otro extremo figura 2.

CONSTRUCCIÓN DE LAS FIBRAS ÓPTICAS

En la construcción típica de una fibra óptica, la parte central o corazón, es en realidad la ruta de propagación de la luz; aunque éste algunas veces es construido de plástico, es más común construirlo de vidrio. Envolviendo al corazón se encuentra la capa de la vestidura (usualmente se emplea vidrio), aunque la vestidura de plástico para un corazón de vidrio no es poco común. La composición del vidrio puede ser ajustada durante su fabricación para variar el índice de refracción. Por ejemplo, en el vidrio con vestidura

A través de una fibra la luz viaja mediante continuas reflexiones

Figura 2



de silicio el índice de refracción para el corazón es de 1.5; y para la vestidura es de 1.485. Para proteger la vestidura de la fibra se recubre con una goma protectora o con una cubierta plástica. A este tipo de fibra se le llama ***fibra de índice multimodo***. El índice se refiere al perfil del índice de refracción a través de la fibra.

Tipos de Fibras

Hay tres variedades disponibles actualmente.

- ***Corazón de plástico y vestidura.***
- ***Corazón de vidrio con vestidura plástica, muchas veces llamadas PCS (siglas de plastic-clad silica o vestidura plástica y silicio).***
- ***Corazón de vidrio y vestidura (vestidura de sílice y sílice).***

Atenuación en la Fibra

La atenuación de la luz a través de la fibra es debida a las impurezas dentro del material, mismas que actúan selectivamente en cuanto a la longitud de onda que afectan. Debido a las impurezas los rayos de luz de una señal luminosa siguen rutas diferentes dentro de la fibra, por lo mismo no todos los rayos llegan al mismo tiempo al final de la fibra, por lo que el efecto en las señales es alargar la duración de los pulsos.

Componentes activos

Ya sabemos que para transmitir la información a través de la fibra, se utilizan emisiones de radiación luminosa; en el proceso general, es necesario convertir la señal de la fuente en luz (en el transmisor) y la luz en una señal eléctrica (en el receptor). Para ello se requieren varios componentes que pueden realizar estas conversiones. A los que se llama ***componentes activos***.

Diodos emisores de luz

Existen varios criterios importantes para el uso de LED's en las fibras.

- ***Potencia de salida.***
- ***Longitud de onda.***
- ***Velocidad.***
- ***Patrón de emisión.***

Obviamente, es un tema que puede ser ampliado pero dicho anális no es objeto de esta obra.

Diodo de inyección láser

El ILD o diodo de inyección láser, es un dispositivo semiconductor capaz de generar un haz de luz modulado digitalmente. Para entender el alcance de este dispositivo, es necesario hacer un breve recordatorio de qué es y cómo se genera la luz láser, cuya traducción significa ***amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación***.

En el capítulo 11 de esta obra hemos hablado en profundidad sobre este tema, razón por la cual le sugerimos que se remita a su estudio. **

Inyector de Señales Digital

El CD 4093 es un circuito integrado que posee compuertas NAND CMOS del tio Schmitt.

Una de sus cualidades más atractivas es su acción de disparo en respuesta a una señal de entrada. Otra característica importante es que provee histéresis (típicamente de 2V con un suministro de 10V).

Una de las ventajas principales de este circuito es que el oscilador se autoinicia al aplicar la alimentación. La frecuencia puede alcanzar unos 1,5MHz para 15V de fuente, y decrece con tensiones más bajas. El valor mínimo recomendado para C es de 100pF; y el valor recomendado para R es 4k7.

Si intenta reparar su equipo de audio, debe conocer los efectos sorprendentes que puede lograr con un inyector de señal. Este dispositivo es un generador de onda cuadrada diseñado para alimentar una señal a través de un circuito para determinar la ubicación general del componente defectuoso del circuito, y finalmente aislarlo. Estos dispositivos también son útiles para resolver los problemas de RF de receptores AM/FM.

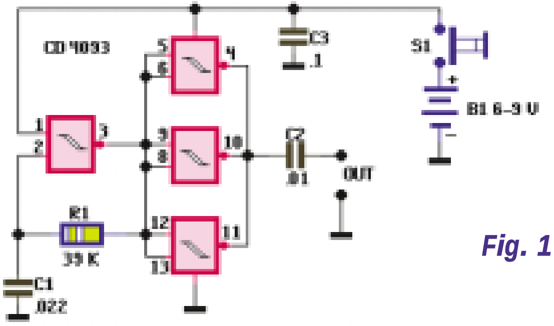
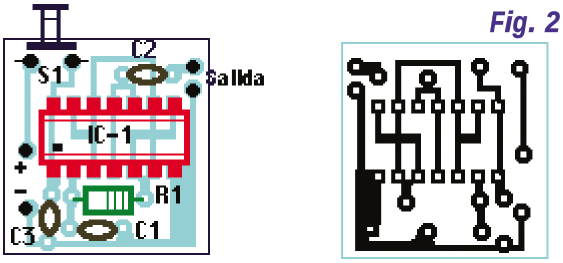


Fig. 1

Fig. 2



Lista de materiales
CI1 - CD4093 - Integrado CMOS
R1 - 47kΩ
C1 - 0,02 µF - Cerámico
C2 - 0,01 µF - Cerámico
C3 - 0,1 µF - Cerámico
S1 - Interruptor simple

El Mundo de la
Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y la colaboración de Oscar Montoya Figueroa.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

LISTA DE MATERIALES

Q1 - BC548 - Transistor NPN
Q2 - BC548 - Transistor NPN
Q3 - 2N3055 - Transistor NPN
D1 - 1N5401 - Diodo de silicio
D2 - 1N5401 - Diodo de silicio
D3 - Diodo rápido de silicio de baja corriente (cualquiera sirve)
Dz - Diodo zéner de 15V x 1W
R1 - 100kΩ
R2 - 2,2Ω x 2W (ver texto)
R3 - 680Ω
R4, R5 - 2,2kΩ
C1 - 200µF - Electrolítico
C2 - .01µF - Cerámico
C3 - 100µF - Electrolítico
C4 - 100µF - Electrolítico
P1 - Potenciómetro de 1MΩ log.
P2 - Potenciómetro de 5kΩ lin. (ver texto).
T1 - Transformador de 220V a 15V + 15V x 3A.
S1 - Interruptor simple.
L1 - Lámpara neón.
L2 - Led rojo de 5mm.

Varios:

Placa de circuito impreso, caja para montaje, disipador para Q3, conectores varios, cables, estaño, etc.

Instrumentos para el Service

14

El Mundo de la Electrónica

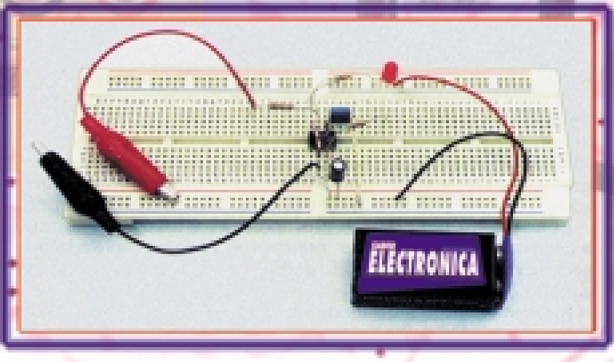
- Inyector de Señales
- Generador de Barras
- Probador de Cristales
- Probador de Fly-Backs
- Medidor de Capacitores
- Generador de Funciones
- Medidor de Inductancias
- Probador de Potencia Láser
- Fuente Regulada para el Taller
- Probador de Circuitos Digitales
- Probador de Circuitos Integrados

PROYECTOS COMPLETOS

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

.000
4278
FC-1200
FREQUENCY COUNTER
12500000
0.0
ANEMOMETER

Bricolage



ELECTRONICA

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 14

Inyector de Señales..........................208 (cap. 13)

Fuente regulada Variable para el Taller...........211

Generador de Barras con Sincronismo............213

Generador de Funciones Portátil......................214

Probador de Fly-Backs..215

Probador de Circuitos Digitales.........................216

Probador de Potencia Láser para Lector Optico..218

Probador de Cristales..220

Medidor de Capacitores....................................221

Probador de Circuitos Integrados.....................222

Medidor de inductancias....................................223

Cupón Nº 14

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 14

Instrumentos para el Service

En este capítulo se describen una serie de proyectos destinados a construir instrumentos electrónicos indispensables para realizar tareas de mantenimiento y reparación de equipos electrónicos. Tenga en cuenta que en el capítulo anterior se expuso el montaje de un Inyector de señales.

Fuente de Alimentación Regulada Variable para el Taller

Presentaremos el montaje de una fuente de alimentación regulada variable de 1 amper, con un voltaje ajustable de 0 a 12 volt, rango suficiente para la mayoría de aplicaciones en el servicio electrónico. Y, por supuesto este montaje también puede ser de gran utilidad para el estudiante y el experimentador.

La fuente de alimentación, uno de los equipos de prueba más utilizados en el taller o laboratorio, es un circuito capaz de transformar la corriente alterna de línea en una corriente directa con un valor manejable por dispositivos electrónicos. Como sabemos, las características e importancia de la fuente de alimentación son la capacidad de regulación del circuito, el voltaje de salida máximo, la corriente máxima proporcionada por el circuito y el nivel de rizado que presenta en la salida.

Con el propósito de que usted pueda armar su propia fuente de voltaje fijo para valores muy específicos y de que se ahorre una buena parte del circuiterío, en el presente artículo haremos referencia a una fuente de 1A, con un voltaje ajustable de 0 a 12 volt y regulada para cada valor elegido.

El diagrama completo del circuito de la fuente se muestra en la figura 1. La primera fase de un circuito de fuente, consiste en ajustar el voltaje de línea de 220V de corriente alterna, a un voltaje menor y mayor que el que proporcionará como salida final. Para el diseño propuesto, deberá ser de 13 volt aproximadamente.

Se requiere entonces de un transformador de 220V a 13V, a 1A; de acuerdo con lo que cada quien necesite, el transformador puede tener una corriente de menos volts y sin que sea preciso hacer cambios en el circuiterío posterior.

Observe que en el primario del transformador T1 se ha colocado en paralelo un foco piloto (F1), el cual tiene la función de indicar la presencia de la corriente alterna de línea en el circuito del transformador. El interruptor S1 controla la alimentación principal del circuito, y el fusible A1 interrumpe el paso de la corriente de alimentación en caso de que se produzca algún cortocircuito que pudiera dañar a todo el aparato.

Si debido a la acción de T1 el valor del voltaje de línea se reduce, habrá que convertir la señal de corriente alterna en corriente directa; para ello se utilizan diodos en configuración de puente rectificador. Este puente tiene la propiedad de transformar una onda de corriente alterna en una señal de corriente directa pulsante de onda completa; es decir, los dos medios ciclos de la onda de corriente alterna son aprovechados para formar la señal de corriente directa. En el circuito de la figura 1, la señal de corriente alterna para el arreglo del puente rectificador, es entregada por el secundario de T1; en tanto, la salida del puente rectificador se conecta al capacitor electrolítico C1.

C1 y C2 son los capacitores de filtro que convierten una señal continua pulsante en continua constante.

Debido a las variaciones que en la resistencia total del circuito y en el consumo de corriente provocan las diferentes cargas conectadas en la salida de la fuente de alimentación, se generan fluctuaciones de voltaje. Por eso es necesario colocar un circuito compensador que mantenga el voltaje de salida en un nivel constante, sin importar la magnitud de corriente que consuma el circuito de salida. A este paso se le conoce con el nombre de "circuito regulador de voltaje". Para el caso de la fuente mostrada en la figura 1, se ha elegido un regulador integrado; inter-

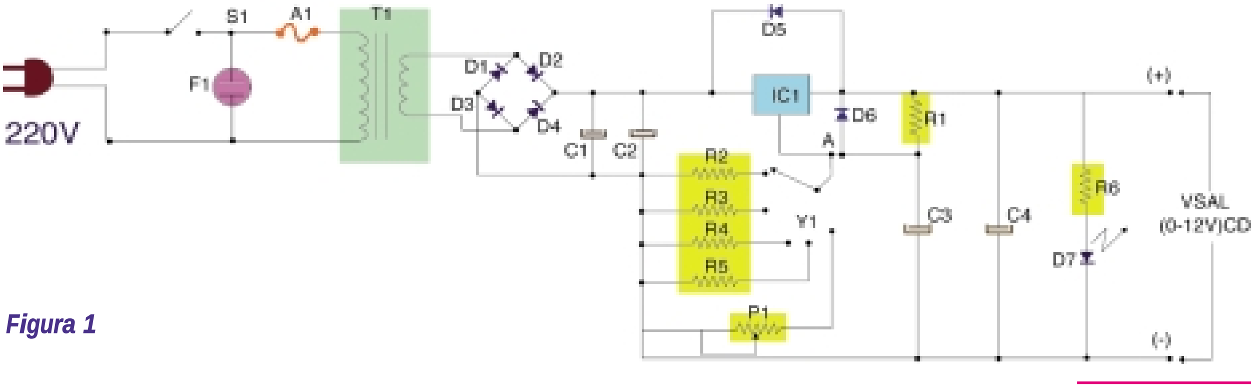


Figura 1

namente, este dispositivo contiene una gran cantidad de circuitos discretos que le permiten realizar su función de regulado.

El arreglo externo para el regulador, lo forman los diodos D5 y D6, el capacitor C3, el potenciómetro P1 y las resistencias R2, R3, R4 y R5. En tanto, el voltaje de salida del circuito regulador, queda determinado por el valor de la resistencia conectada al punto A que se observa en el diagrama de dicha figura.

Para dar una mayor versatilidad a la fuente, se ha colocado también una serie de resistencias de valor fijo y un potenciómetro como resistencia variable, los cuales pueden ser elegidos como resistencia RA mediante la llave de cambios Y1. Bajo estas circunstancias, si se elige a R2 como RA y R2 = 330Ω, el voltaje de salida será de aproximadamente 2,9V; en la práctica, esto lo podemos redondear a 3V. Según se indica a continuación, se escogieron valores de voltaje de salida representativos:

R3 = 1kΩ para 6V
R4 = 820Ω para 5V
R5 = 1,5kΩ para 9V

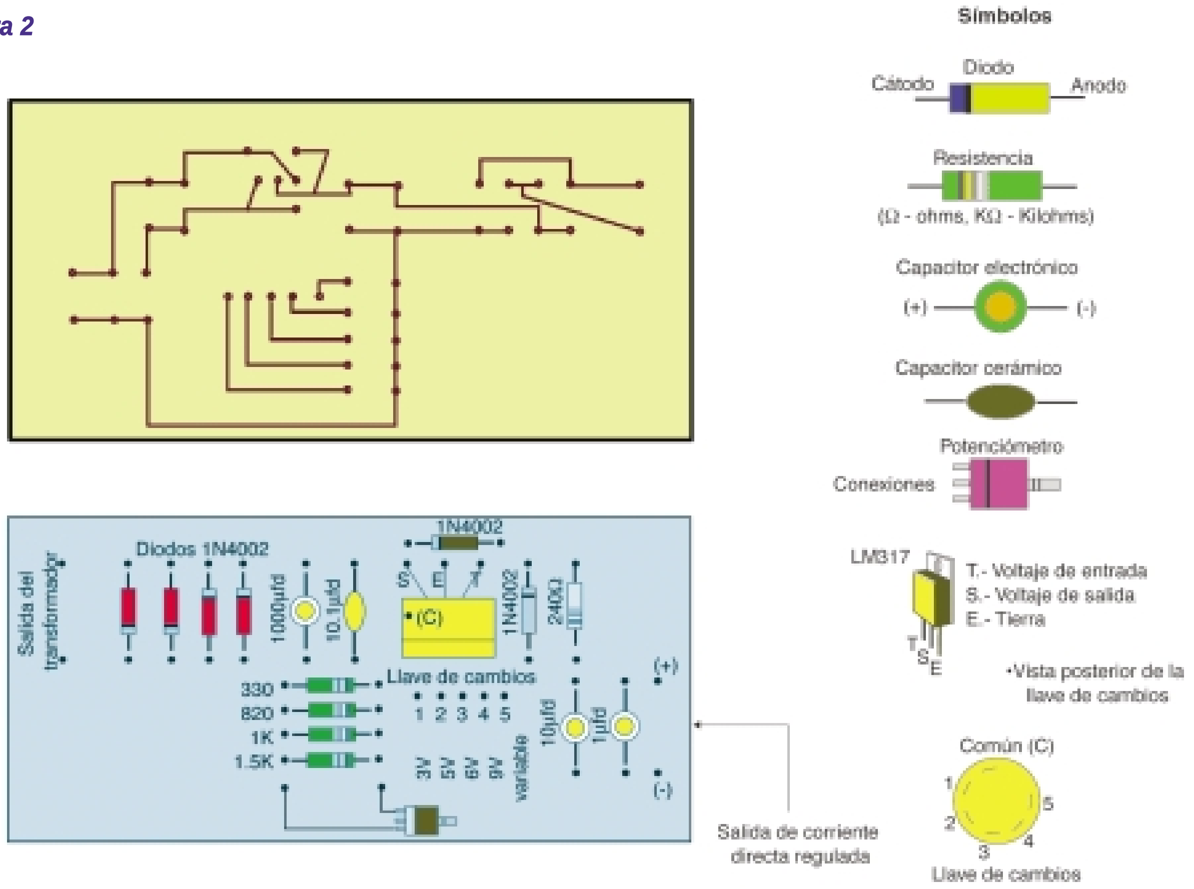
Y como el potenciómetro P1 tiene un valor de resistencia máximo de 5kΩ, es posible ajustar la tensión de salida a cualquier valor comprendido entre 1,25 y 12V.

Un segundo proceso de filtrado de la corriente directa pulsante, está a cargo del capacitor C4. A la salida del circuito se ha colocado un diodo LED D7 y una resistencia R6, los cuales sirven como monitores que indican si hay o no tensión en la salida del circuito. El LED monitor no encenderá cuando el secundario del transformador se abra o el regulador IC1 falle.

El material utilizado se indica en la tabla 1. En la figura 2 se muestra el lado de la soldadura y de los componentes del circuito impreso de la fuente. Esta puede construirse fácilmente, con el uso de un marcador indeleble o con calcomanías. E igualmente, se especifican algunas recomendaciones para ensamblar el circuito.

T1	Transformador reductor de 1 amperio, de 127 a 12 ó 13 voltios
F1	Foco piloto para 127 voltios
A1	Fusible con base para 127 voltios y 1.5 amperios
D1, D2, D3, D4	Diodos rectificadores 1N4001
D5 y D6	Diodos rectificadores 1N4002
D7	Diodo emisor de luz, LED rojo
C1	Capacitor electrolítico de 1000 microfaradios a 25 voltios (o mayor)
C2	Capacitor cerámico de 0.1 microfaradios a 25 voltios
C3	Capacitor electrolítico de 10 microfaradios a 25 voltios
C4	Capacitor electrolítico de 1 microfaradio a 25 voltios
R1	Resistor de 240 ohms a Ωwatt
R2	Resistor de 330 ohms a Ωwatt
R3	Resistor de 820 Ohms a Ωwatt
R4	Resistor de 1 Kilohm a Ωwatt
R5	Resistor de 1.5 Kilohms a Ωwatt
R6	Resistor de 1 Kilohm a Ωwatt
P1	Potenciómetro lineal a 5 Kilohms
Y1	Llave de cambios, de 1 polo y 5 tiros (o más)
2	Metros de cable del número 22 (para la salida del circuito y las conexiones de Y1)
2	Metros de cable del número 14 (para la alimentación de línea)
1	Clavija

Figura 2


Símbolos
Cátodo
Diodo
Anodo
Resistencia
(Ω - ohms, KΩ - Kilohms)
Capacitor electrónico
(+)
(-)
Capacitor cerámico
Potenciómetro
Conexiones
Salida del transformador
Diodos 1N4002
1000µfd
10.1µfd
1N4002
S
E
T
(C)
1N4002
240Ω
330
820
1K
1.5K
Llave de cambios
1 2 3 4 5
3V
5V
6V
9V
variable
10µfd
1µfd
(+)
(-)
Salida de corriente directa regulada
LM317
T.- Voltaje de entrada
S.- Voltaje de salida
E.- Tierra
•Vista posterior de la llave de cambios
Común (C)
1
2
3
4
5
Llave de cambios

GENERADOR DE BARRAS CON SINCRONISMO

En varias oportunidades hemos publicado generadores de barra de circuitos complejos con prestaciones especiales o muy sencillos para efectuar pruebas rápidas aunque sin precisión.

Con el circuito que describimos tenemos una solución intermedia. Se trata de una aplicación sugerida por National Semiconductor para el uso del temporizador doble 556, que hemos adaptado para el sistema PAL.

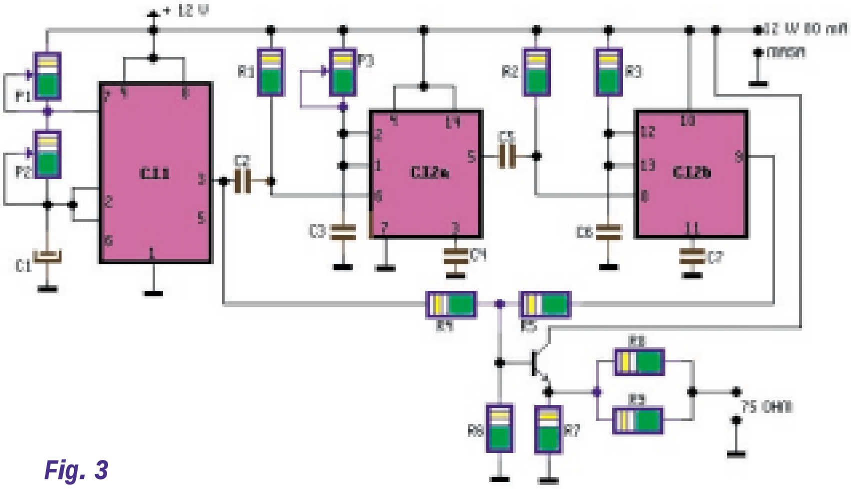


Fig. 3

La señal de video transmitida por las emisoras de TV es compleja. Sin embargo, para la mayor parte de las pruebas y ajustes se puede inyectar al receptor una señal simple, como la provista por este circuito.

Se trata de una señal de barras con sincronismo. El primero de los tres temporizadores, genera impulsos de sincronismo de 4,7µs. Es un multivibrador astable con un período de 64µs. El flanco creciente del pulso de sincronismo dispara un segundo temporizador. Su ancho de pulso determina la posición de la barra, generada por el tercer temporizador.

La señal de video compuesta se obtiene en el conjunto R4 -R5 - R6. La red de resistencias va seguida por un ***buffer***, que asegura una impedancia de salida de 75Ω.

Las señales de sincronismo y la de barra ocupan el 35% y el 65% de la señal compuesta, respectivamente.

La calibración se realiza conectando el dispositivo a un monitor o, a través de un modulador, a un receptor de TV normal. Los trimpots multivuelta P1, P2 y P3 se ajustan en la posición central de su recorrido.

Tiene que girar P1 para obtener una imagen estable. Si el pulso de sincronismo es demasiado ancho, será visible en el lado izquierdo de la imagen. La barra puede hacerse más estrecha con el empleo de P2, después de lo cual es posible que P1 precise un pequeño reajuste. Si posee un osciloscopio, P2 puede ajustarse inicialmente para obtener pulsos de 4,7µs en la salida (pata 3) de IC1. Entonces, el período total se establece en 64µs con el empleo de P1. La barra se centra con P3 y puesto que su ancho es fijo, con esta operación se completa la calibración. el circuito se muestra en la figura 3 y la placa de circuito impreso se brinda en la figura 4.

Evidentemente, este circuito puede ser empleado en televisores NTSC, para lo cual deberán realizarse los ajustes conforme a esta norma, sin necesidad de tener que reemplazar componentes del circuito.

Lista de Materiales

CI 1 - NE555 - Integrado temporizador.
CI 2 - NE556 - Doble temporizador
Q1 - BC548 - Transistor NPN
P1 - Trimpot multivueltas de 100k‰
P2 - Trimpot multivuelta de 25k‰
P3 - Trimpot multivuelta de 10k‰
R1, R2, R3, R6 - 12k‰
R4 - 100k‰
R5 - 68k‰
R7 - 1k‰
R8//R9 - 75‰ al 1% (o dos resistores en paralelo de 150‰).
C1 - 0,0022 F - Cerámico
C2 - 120pF - Cerámico
C3 - 0,001 F - Cerámico
C4, C7, C8 - 0,015 F - Cerámico
C5 - 56pF - Cerámico
C6 - 0,0033 F - Cerámico
C9 - 100 F x 25 V en paralelo con C10 (optativo).
C10 - 0,1 F - Cerámico

Varios

Caja para montaje, placa de circuito impreso, cables, fichas, estaño, etc.

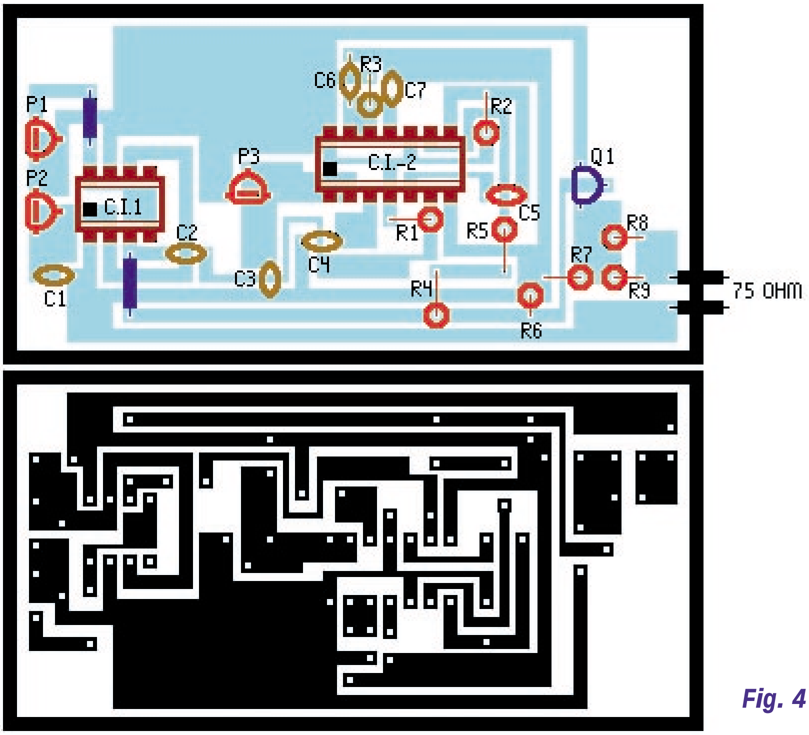


Fig. 4

El montaje que proponemos emplea un circuito integrado PLL básico del tipo 566 con el cual se pueden obtener señales de forma de onda triangular y cuadrada con frecuencias comprendidas entre 1HZ y 2MHz, por lo que resulta un dispositivo sumamente útil para la puesta en marcha, búsqueda de fallas y reparación de equipos electrónicos.

El oscilador que proponemos en este montaje (figura 5) emplea un circuito integrado CA566 como generador de funciones básico, que entrega señales de salida de formas de onda triangulares y cuadradas con un rango de frecuencias comprendido entre 1Hz y 2MHz. El CA566 es un oscilador controlado por tensión que sólo necesita de unas pocas resistencias y sólo tres capacitores para producir señales de precisión.

A los fines prácticos, podemos decir que un ***PLL (Phase Loock Loop = Lazo Enganchado en Fase)*** es un circuito realimentado que posee un comparador de fase, un filtro pasa bajos y un amplificador de error colocado en la trayectoria de la señal, más un oscilador controlado por tensión (VCO) que se encuentra en el lazo de realimentación.

A la salida del detector se tiene una señal de error junto con otras señales que son frenadas por el filtro, de tal modo que sólo se amplifica la señal de error, esto produce una tensión de ***"error"*** correspondiente que controla al VCO y modifica su frecuencia. Dicho de otra manera, la frecuencia del VCO se modifica en función de la tensión de error.

Realizando una síntesis para que comprenda la versatilidad de estos componentes, podemos decir que el PLL es un sistema que compara dos fases (frecuencias), una de ellas proveniente de un VCO y la otra de un comparador de error que entrega una tensión cada vez que se corre la frecuencia del VCO por alguna razón.

En nuestro circuito, no utilizamos al 566 como PLL sino como VCO; luego, para cubrir todo el rango de frecuencias, las resistencias R3 y R4 deben poseer valores comprendidos entre 2k2 y 27kΩ.

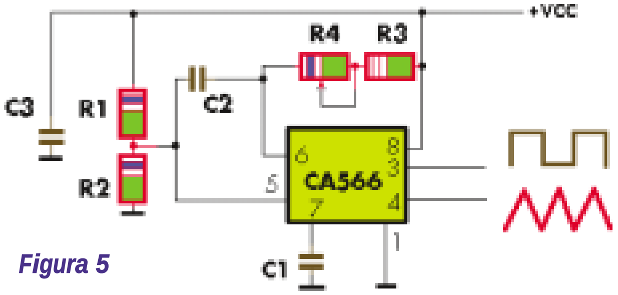


Figura 5

La variación continua de frecuencia se consigue con el ajuste de R4 con el que se logra un rango de 10 a 1 (por ejemplo, mínimo: 1Hz, máximo: 10Hz).

La generación de señales de baja frecuencia se consigue con un capacitor de 50µF en C1 (se logra un rango de variación de frecuencias de 1Hz a 10Hz).

Al respecto, debemos mencionar que dicho capacitor debe poseer muy pocas fugas por lo cual se debe emplear un capacitor de tantalio de buena caída, caso contrario, es posible que no se consiga la oscilación del VCO.

Para cubrir todo el rango de frecuencias, se debe colocar una llave selectora que permita cambiar el valor de C1.

Por ejemplo, para generar señales de 2MHz, C1 debe tener un valor de 100pF. De esta manera tendremos tantos capacitores como rangos de variación.

La siguiente tabla da una correspondencia entre el valor de C1 y el rango de frecuencias que pueden generarse:

C1	Rango de frecuencias
50µF	1 a 10Hz
4,7µF	10 a 100Hz
0,47µF	0,1 a 1kHz
47nF	1 a 10kHz
4,7nF	10kHz a 100kHz
1nF	50 a 250kHz
100pF	200kHz a 2MHz

La señal de forma de onda cuadrada se obtiene de la pata 3 del integrado y la triangular de la pata 4.

Lista de Materiales

CI-1 - CA566 - Circuito integrado PLL
R1 - 1k‰
R2 - 10k‰
R3 - 2k2
R4 - Potenciómetro de 25k‰ lineal
C1 - Ver texto
C2 - 1nF - Cerámico
C3 - 0,1 F - Cerámico

Varios:
Placa de circuito impreso, gabinete para montaje, llave selectora para realizar los cambios de rango de frecuencia, estaño, cables, etc.

En la figura 6 se da el circuito impreso sugerido para el montaje del oscilador. Tenga en cuenta que en él no se ha previsto la colocación de la llave selectora, la cual se hace en forma externa al realizar la conexión por medio de un cable mallado con la malla conectada a masa.

Los usos de este circuito son inumerables...

Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 1 puede ser empleado como inyector de señales; agregando un transistor driver, es útil como generador de señales de banda ancha (de 1Hz a 1Mhz), pero también puede utilizarse como generador de señal de FM, si se ajusta la frecuencia a 1MHz, por ejemplo, y se introduce por la pata 5 una señal de AM externa de modulación (información).

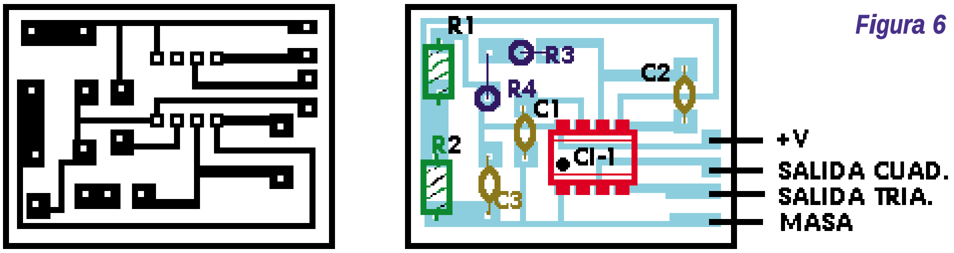


Figura 6

Probador de Fly-Back

El circuito de este probador es muy barato, fácil de construir y utilizar y de gran utilidad en el servicio a televisores modernos. Este montaje ha sido probado y ha demostrado su eficacia, por lo que si usted lo construye, tendrá en su taller una herramienta muy valiosa.

Seguramente es de su conocimiento, que este dispositivo maneja una tensión muy elevada, por lo que conviene tener mucha precaución en su manejo para no sufrir una experiencia muy desagradable; de hecho, se recomienda que las pruebas que aquí se indican sólo sean llevadas a cabo por personal con experiencia en el servicio a televisores.

Ni el editor ni el autor aceptan cualquier responsabilidad por el mal uso de este circuito.

Fallas en los fly-backs

Tomando en cuenta que a este transformador le corresponde manejar voltajes muy elevados, la probabilidad de fallas en este elemento es muy alta. Los tipos de averías más comunes se comentan a continuación.

Primario abierto

Esta falla se detecta simplemente midiendo el voltaje en el colector del transistor de salida horizontal, en cuyo caso hay 0 volt, mientras que por la terminal 2 del fly-back aparece el voltaje proveniente de la fuente conmutada (135V). Cuando esto sucede no hay alto voltaje y, por lo tanto, el filamento del cinescopio no enciende.

Secundario abierto

Cuando algún secundario se abre, la falla se presenta de acuerdo al bobinado abierto (no habrá alimentación hacia la etapa vertical, no funcionará el circuito ABL, etc.).

En la mayoría de los casos, sí estará presente el alto voltaje.

Fugas de alta tensión

Es importante determinar si existe un arqueamiento en el fly-back cuando el televisor está funcionando, ya que si el cuerpo del transformador se ha agrietado, es posible que se escape el alto voltaje. Inclusive se percibe un olor a ozono.

Este problema se puede solucionar (si no es muy grave), colocando un poco de líquido aislante de alta calidad.

Resistores divisores abiertos o con falsos contactos

Si usted tiene un televisor con desenfoque y, al mover el control que se encuentra en el fly-back observa que la imagen en el cinescopio se define, pero no del todo, es muy probable que haya un problema en el circuito resistivo del fly-back.

También, si hay una imagen inestable y al mover el control de screen en el fly-back la imagen se desestabiliza aún más, es factible que el problema esté en el divisor de screen.

Diodos de rectificación abiertos y cortos entre espiras de los bobinados

Estas fallas son muy frecuentes y, en ocasiones, difícilmente localizables, pues se confunden con facilidad con averías de otros circuitos, como sería la fuente de poder o la misma etapa de salida horizontal; por ello le recomendamos que haga lo siguiente:

1) Si el fusible de protección se abre, verifique que el transistor de salida horizontal no se encuentre en corto.

2) Verifique que la fuente de alimentación está funcionando correctamente.

3) Si tiene duda del fly-back, retírelo del circuito impreso y conéctelo al circuito probador, que para tal efecto le recomendamos que construya, según instrucciones que le damos a continuación

Estructura del probador de fly-backs

El probador de fly-back que le estamos recomendando, está formado por una fuente de alimentación, un oscilador, un transistor y un medidor indicador que puede ser un multímetro analógico.

El circuito se muestra en la figura 7 y en él puede notar que la señal del oscilador 555 (que es una oscilación de alta frecuencia que emula la oscilación horizontal) es entregada por la terminal 3 y llega a la base transistor Q1, el cual la amplifica y la aplica a través del indicador al primario del fly-back. En la figura 8 se dá el diagrama de circuito impreso. Usted puede fa-

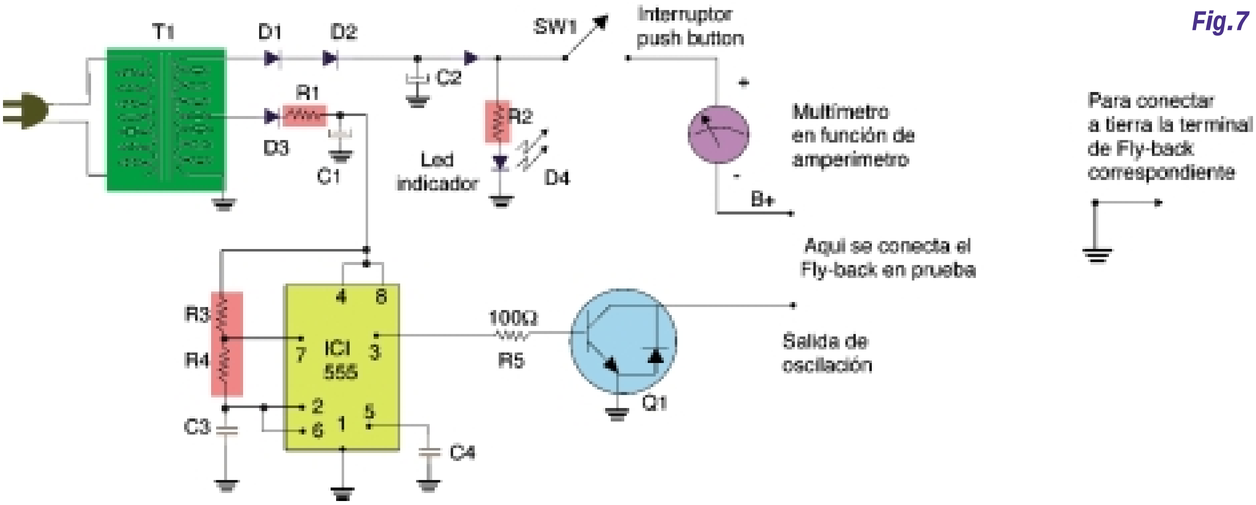
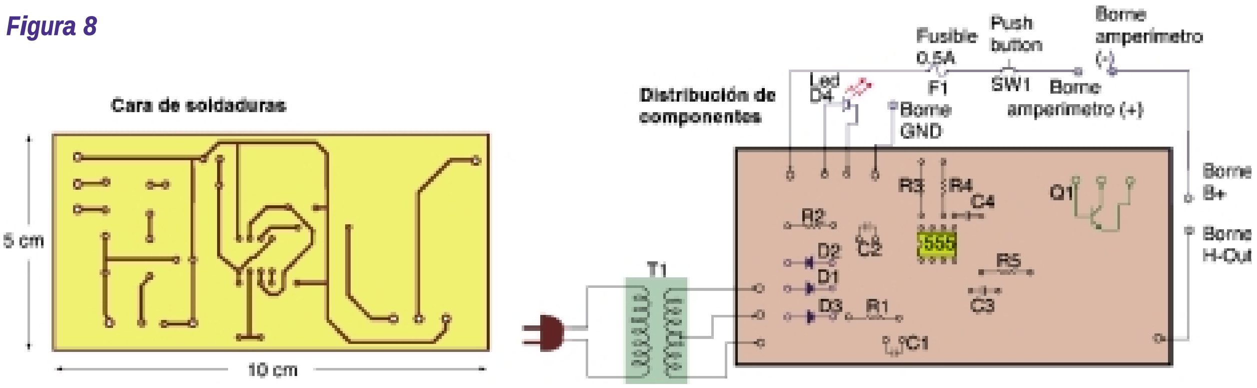

T1
D1
D2
SW1
Interruptor push button
C2
R1
R2
D3
C1
Led indicador
D4
Multímetro en función de amperímetro
+
-
B+
Para conectar a tierra la terminal de Fly-back correspondiente
Aquí se conecta el Fly-back en prueba
R3
R4
C3
4
8
7
ICI 555
3
2
6
1
5
C4
100Ω
R5
Q1
Salida de oscilación

Fig.7

Figura 8



bricar fácilmente dicha tarjeta, siguiendo los procedimientos que seguramente ya conoce.

Este probador puede funcionar aunque no se tenga el medidor de corriente, en cuyo caso sólo habría que colocar un puente entre los bornes donde va conectado; sin embargo, no se podría medir el rango de consumo de corriente que tendría el fly-back.

Prueba de fly-backs

Para probar fly-backs, sólo tiene que conectar el primario del transformador en la salida del probador (respetando las conexiones que van al colector y a B+ en el fly-back) y presionar el interruptor push button. Si el dispositivo se encuentra en buen estado, de inmediato se escuchará la oscilación (inclusive se percibe el característico olor a ozono) y en el medidor se deberá indicar una corriente de 100 a 190mA como máximo; si el valor de corriente es superior a los 200mA, es muy probable que exista un problema en el fly-back. Esta es una prueba muy dinámica para saber si hay alta tensión, pues se comprueba tanto el estado de los diodos que están en la parte interna del fly-back como si existe un corto en el transformador. Inclusive, para verificar la existencia de un alto voltaje adecuado, podría acercar la salida correspondiente a un punto de tierra física (alguna tubería) para observar el arco de corriente.

Componente	Cantidad	Descripción
T1	1	Transformador 127/24 volts, 0.5 mA, con tap central
Q1	1	Transistor D-1555 con disipador de calor
R1	1	Resistencia de 15 óhmios a 1/2 watt
R2	1	Resistencia de 8.2 K a 1/2 watt
D1-D3	3	Diodos rectificadores 1N4007
D4	1	Diodo LED
C1	1	Capacitor 1000 Mfd.10V
C2	1	Capacitor 1000 Mfd. 35V
IC1	1	Circuito integrado LM 555
R3	1	Resistencia 10 K 1/2 watt
R4	1	Resistencia 8.2 K 1/2 watt
C3	1	Capacitor cerámico de 0.01 Mfd
C4	1	Capacitor cerámico 0.001 Mfd
R5	1	Resistencia 100 a 1/2 watt
SW1	1	Interruptor "push boton"
*	1	Porta fusible tipo europeo
F1	1	Fusible de 0.5 de amp
*	1	Cable de línea con clavija
*	1	Caja de plástico
*	1	Circuito impreso de 10 X 5
*	1	Multímetro analógico que mida una corriente de 500 ma
*	5	Bornes tipo hembra banana
*	3	Conectores tipo macho banana (uno rojo y dos negros)

Medición de fugas en el fly-back

En caso de que sospeche que el fly-back posee fugas internas, también puede ser verificado por medio de este circuito probador; para ello, simplemente localice la terminal respectiva a tierra y conéctela en el borne correspondiente del probador; en caso de que la corriente que circula a través del primario del transformador aumente por encima de los 200mA, lo más seguro es que la corriente se esté arqueando hacia tierra en el interior del dispositivo. En esas condiciones, prácticamente no habrá más remedio que reemplazar el fly-back por uno nuevo.

Medidas de seguridad

Queremos insistirle en que tome algunas medidas de seguridad. Por ejemplo, siempre trabaje sobre una base de madera seca o algún acrílico; esto le evitará sufrir alguna descarga eléctrica, no sólo al probar un fly-back, sino también cuando repara equipo electrónico. Otra recomendación, es que no toque ninguna de las terminales libres del fly-back mientras realiza la prueba, ya que se expone a recibir una descarga muy desagradable, la cual puede ser muy riesgosa para quienes padecen afecciones cardiacas. Fuera de estas recomendaciones básicas, el uso de este circuito es muy seguro y sencillo.

****

Probador de Circuitos Digitales

Cómo probar circuitos digitales, tales como contadores del tipo 4017, el 7490 y otros sistemas secuenciales, frecuencímetros y otras aplicaciones? Para el que trabaja frecuentemente con este tipo de circuitos, un simple generador de pruebas digitales puede ser de gran utilidad, pues permite revelar inmediatamente si tales dispositivos funcionan o no.

Proponemos un simple oscilador de baja frecuencia cuya salida es compatible con integrados contadores CMOS y TTL. Este circuito inyectará una señal de clock en el integrado bajo prueba, así permitirá una verificación inmediata de sus salidas. La indicación del funcionamiento de cada salida se hace por medio de leds que pue-

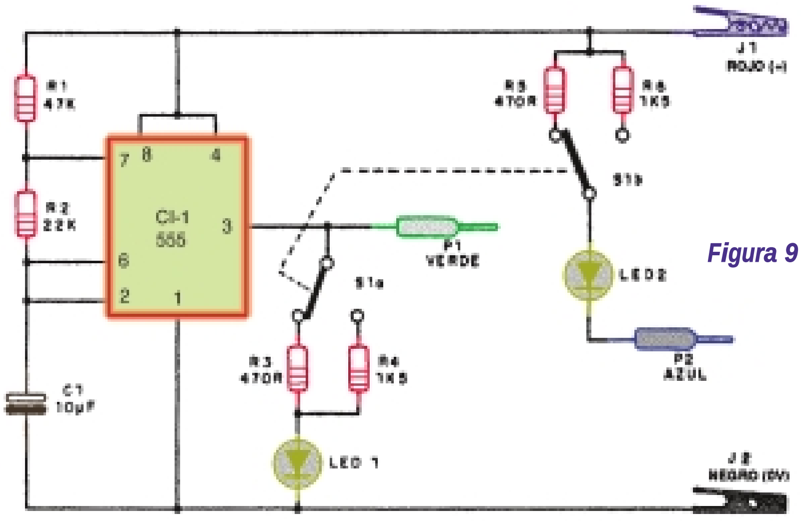


Figura 9

den variar de 1 a 10, lo que depende de la voluntad del montador. El probador funciona alimentado por la misma tensión del equipo (integrado) que está siendo probado, lo que facilita bastante su construcción y uso. Se usan pocos componentes y su manejo es extremadamente simple. Lo que tenemos es un oscilador bastante lento con un astable 555 que es alimentado por el propio equipo que se está probando.

En la figura 9 tenemos el circuito general, donde se observa la configuración básica del astable 555. La frecuencia de este oscilador depende de los resistores R1, R2 y el capacitor C según la siguiente expresión:

$$f = \frac{1{,}44}{(R1 + 2R2)\ C}$$

Los resistores R1 y R2 no pueden tener valores menores que 1kΩ ni mayores que 1M, mientras que C1 no puede ser menor que 500pF ni mayor que 1000µF dada la influencia de fugas en este último caso.

Operando en una frecuencia alrededor de 1Hz (1 pulso por segundo) podemos inyectar la señal en cualquier contador y monitorear visualmente si ocurre el conteo.

Para este fin lo que hacemos es usar un led en serie con un resistor, como muestra la misma figura 9. Para la prueba de integrados TTL, en que la tensión de alimentación es de 5V, el resistor en serie con el led es de 470Ω típicamente. Para el caso de CMOS, en que la tensión puede variar entre 3 y 15V, el resistor precisaría ser variable. Sin embargo, lo que podemos hacer es elegir un valor tal que permita una buena visualización en toda la banda sin peligro de sobrecarga para los componentes. Elegimos para este fin un resistor de 1k2. Vea que, si el integrado probado fuera CMOS, pero alimentado con tensiones de 3 a 6V, podemos usar la posición de prueba TTL. En la figura 10 tenemos una sugerencia de montaje en placa de circuito impreso.

Vea entonces que los pocos componentes que se fijan deben ser conectados a los elementos externos por medio de diversos cables. Tenemos entonces un par de cables (rojo y negro) que son usados en la alimentación. En la punta de estos cables usamos pinzas cocodrilo para conectar en la propia fuente del aparato que está siendo probado.

El cable para la punta inyectora puede ser de color verde, estará conectado en la entrada de clock del contador a ser probado. Podemos dotarlo de una pinza de encaje para facilitar esta operación. Vea que existen pinzas que se pueden encajar fácilmente en las puntas de prueba, facilitan así su fijación en los circuitos que se están probando (figura 10).

Para seguir la señal y verificar si el contador está funcionando usamos una pinza verde (o de otro color). El único control que tenemos en el circuito es la llave S1 que selecciona los leds de acuerdo con el tipo de integrado que se está analizando y su tensión de alimentación.

En la caja en que va instalado el generador existe también un led que monitorea su funcionamiento. Este led guiñará en la frecuencia de 1Hz aproximadamente, para indicar que la señal se está produciendo. Para probar el generador no es preciso disponer de algún tipo de contador. Basta conectarlo a una fuente de alimentación de 3 a 15V, seleccionar la llave para indicación de los leds de acuerdo con la tensión y verificar si el led monitor guiña.

Después, apoyando la pinza verde en la pinza azul, el led indicador debe guiñar acompañando el monitor en frecuencia, pero de modo desfasado. Esto significa que el led monitor enciende cuando el indicador apaga y viceversa. Hecha la comprobación de funcionamiento, podemos pensar en el uso del generador que es un poco más complicado.

Para este fin, tomemos como

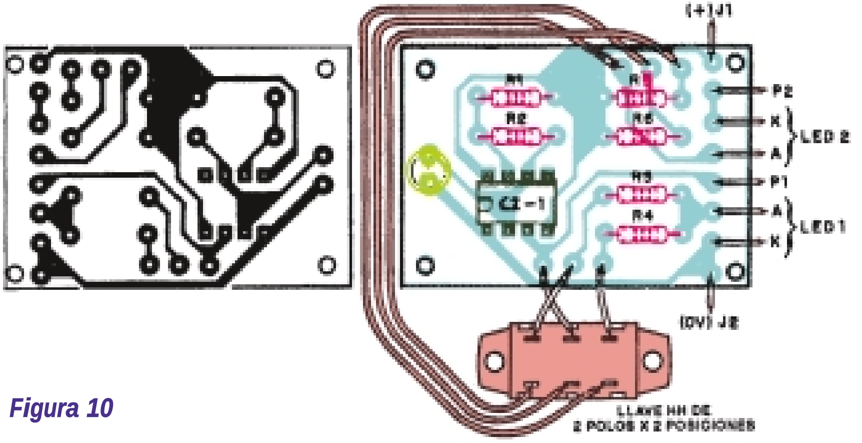


Figura 10

Lista de Materiales

CI-1 - 555 - circuito integrado
LED 1, LED 2 - leds rojos comunes
P1, P2 - puntas de prueba.
J1, J2 - pinzas cocodrilo, una negra y una roja
R1 - 47k ‰x 1/8W
R2 - 22k‰ x 1/8W
R3, R5 - 470 ohm x 1/8W
R4, R6 - 1k5 x 1/8W
C1 - 10 F x 16 V - capacitor electrolítico
S1 - llave de 2 polos x 2 posiciones
***Varios:** cables, placa de circuito impreso, caja para montaje, punta de prueba, pinzas cocodrilo, etc.*

ejemplo un contador típico con el 4017 y que debería excitar, por ejemplo, un determinado número de salidas pero que no está funcionando.

Desconectamos entonces su entrada de clock y en ella aplicamos la señal del generador (que se debe alimentar por la misma fuente del contador). Hacemos esto apoyando la punta de prueba verde en el pin de clock que es el número 14.

Debemos entonces apoyar la punta de prueba de los leds (azul) en los terminales de salida del 4017 que corresponden a los pines 3, 11, 2, 9, 4, 6, 7, 5 y 10 para la versión que cuenta hasta 10. El led debe guiñar en cada prueba en una frecuencia que corresponde a 1/10 del led monitor, pues el integrado probado estará dividiendo por 10. Vea entonces que el led de prueba apagará por un instante cada 10 guiños del led monitor. Si esto no ocurre es porque la salida probada no está en buenas condiciones.

El mismo procedimiento es válido para un contador con el 7490.

Sin embargo, las salidas de este integrado son solamente 4 porque el mismo proporciona una señal codificada en binario. Tenemos entonces al mismo tiempo diversas salidas en el nivel HI durante el conteo. La señal de la punta inyectora (verde) debe ser aplicada en el pin 14. La alimentación de 5 volt es tomada del propio aparato que lleva el 7490.

En el pin 12 que corresponde a la salida Q1 tenemos entonces la división de la frecuencia de clock por 2. Conectando en este pin la punta de prueba azul, el led indicador deberá guiñar con la mitad de la frecuencia del led monitor del generador si el integrado está bueno.

En el pin 9 tenemos la salida Q2. En esta salida tenemos la división de la frecuencia por 8, lo que significa que el led indicador debe guiñar una vez cada 8 guiños del led monitor.

Finalmente, en el pin 11 tenemos la salida Q3 que corresponde a la división por 16.

Sin embargo, el integrado está programado para resetear en el pulso 10º, lo que significa que, en realidad, el led indicador guiñará 1 vez cada 10 guiños del monitor conectado en la punta de prueba. Está claro que en todos los circuitos, tanto con el 4017 como con el 7490, puede haber variaciones en que tenemos el reseteado antes del final del conteo. Esto debe ser previsto en las pruebas. También observamos que el led indicador enciende en el nivel LO de las salidas probadas.

****

PROBADOR DE POTENCIA LÁSER PARA EL LECTOR OPTICO

En el análisis de un reproductor de CDs, resalta la importancia del lector óptico en la estructura del reproductor de discos compactos. También desde el punto de vista del servicio este componente es fundamental, ya que suele ser el más costoso de los que emplea este aparato; al mismo tiempo es una de las piezas que más problemas presenta, con fallas que van desde sistemas en los que sólo algunos discos no se reproducen hasta equipos totalmente inoperantes.

No existe un método para medir directamente la potencia de la luz emitida por el diodo láser?

Sí existe, es un aparato que permite medir directamente la potencia del haz láser generado pero dicho instrumento resulta extremadamente difícil de conseguir, y además es muy costoso (más de USD $300). Si está a su alcance, adquiéralo; pero considerando que por ese precio casi podemos comprar, por ejemplo, un osciloscopio básico para el taller, es lógico que pocos se animen a hacerlo.

Por tal motivo, recomendamos un pequeño circuito que cumple la misma función de ese instrumento. Si lo sabe utilizar adecuadamente, le permitirá hacer una medición muy precisa de la potencia generada por el diodo láser, con auxilio de un elemento que no puede faltar en ningún centro de servicio electrónico: el multímetro digital; éste no es, sin embargo, indispensable, pues también basta con uno de tipo analógico capaz de medir corrientes del orden de los 10mA y que usted domine perfectamente la lectura de sus escalas; pero siempre tenga en cuenta que debido a la proliferación de los instrumentos digitales, a su bajo margen de error y a su alta precisión, resulta más conveniente el uso de un multímetro digital.

En la figura 11 se aprecia el diagrama esquemático del circuito que nos permitirá medir la potencia real de emisión del diodo láser en un momento determinado. Observe que se trata tan sólo de un transistor rodeado de algunas resis-

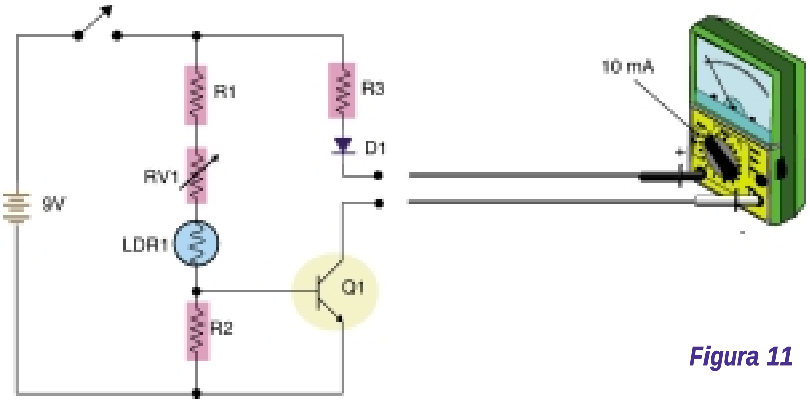


Figura 11

Cantidad	Elemento	Descripción
1	LDR1	Foto-resistencia de 2 Mohms
1	R1	Resistencia de 120 Kohms, 1/2 W
1	RV1	Potenciómetro tipo preset de 22 Kohms miniatura
1	R2	Resistencia de 27 Kohms, 1/2 W
1	R3	Resistencia de 560 ohms, 1/2 W
1	D1	Diodo LED
1	Q1	Transistor 2N3904
1	-	Conector para pila de 9V cuadrada
1	-	Placa de circuito impreso universal para conexiones
-	-	Tramos de cable para conexiones diversas
1	-	Tramo de tubo termo-fit
1	-	Pila alcalina de 9V

tencias, y de una foto-resistencia que hará las veces de captador de la luz emitida por la lente de enfoque. Ahora veamos cuáles son los componentes que se requieren (Tabla 1)

El principio de operación de este circuito es en realidad muy sencillo. Puede ver que el transistor Q1 se halla en una configuración en la que, dependiendo de la cantidad de corriente que llegue a su base a través del divisor formado por la suma de R1, RV1 y LDR1 y la resistencia R2, hará que una corriente proporcional circule por R3, D1 y el multímetro en su modalidad de medidor de corriente (en la escala de 10mA). Ahora bien, es normal que cuando la foto-resistencia LDR1 se encuentre completamente a oscuras, tenga una resistencia de 2MΩ; esto significa que la corriente que llega a la base del transistor es extremadamente pequeña (casi despreciable). En consecuencia, la corriente que circule por R3 y por el medidor de corriente será tan pequeña que la escala casi no se moverá.

Cuando a la foto-resistencia llega una cierta cantidad de luz, su resistencia interna disminuye; esto indica que más corriente llegará a la base de Q1, y que por lo tanto la corriente medida en su colector comenzará a subir; a su vez, esto implica que cuando la corriente sea lo suficientemente alta, el LED se encenderá y el multímetro presentará un valor susceptible de ser medido. O sea que dependiendo de la intensidad luminosa que llegue a LDR1, el valor de medición leído en el colector de Q1 subirá o bajará.

Si ahora ajustamos el valor de RV1, de modo que al medirlo junto con R1 la resistencia combinada sea de aproximadamente 133,3kΩ, lograremos que este pequeño circuito quede calibrado para utilizarse en la medición de la potencia de láser en un lector óptico. Para hacer esta medición se recomienda colocar un tramo de termofit alrededor de LDR1 de modo que se forme una especie de campana que bloquee el paso de toda luz ajena a la que proviene del lector óptico. Será suficiente, entonces, con poner a funcionar el reproductor de discos compactos, y ***enga arlo*** para que se coloque en modo focus search —o búsqueda de enfoque, como ya dijimos en otro capítulo— y cuando esto suceda, sólo habrá que colocar la campana con el foto-detector justo frente a la lente de enfoque, para que tengamos en nuestro multímetro una lectura de corriente.

Pruebas realizadas en diversas marcas y modelos de reproductores de CDs, han demostrado que casi todos los fabricantes utilizan una potencia de lectura estándar; con ésta, el medidor marca 6,8mA cuando RV1 se encuentra perfectamente calibrado (usted mismo puede hacer la prueba, utilizando un reproductor de CD nuevo). Ello implica que cuando ajuste la corriente de excitación del diodo láser, en vez de medir indirectamente la corriente (como se recomienda en el capítulo 3), sólo tendrá que colocar el circuito que acaba de armarse y ajustar el preset del OPU hasta que en el amperímetro se marque una corriente de entre 6,5 y 7mA; lo ideal es que marque exactamente 6,8mA, pero el rango indicado garantiza una buena reproducción (figura 12).

Como ha podido ver, el ensamblado de este circuito es una tarea muy sencilla y de bajo costo; con él, usted tiene a mano un valioso

Figura 12

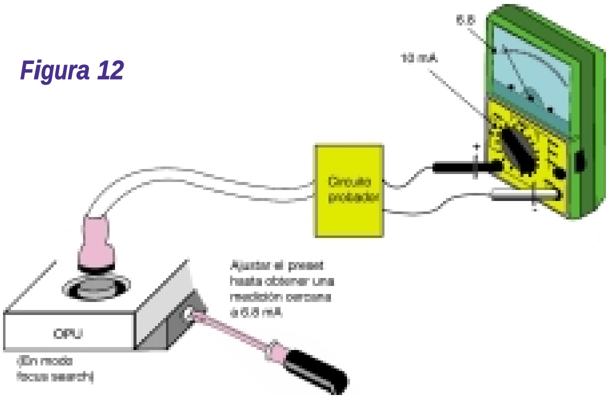
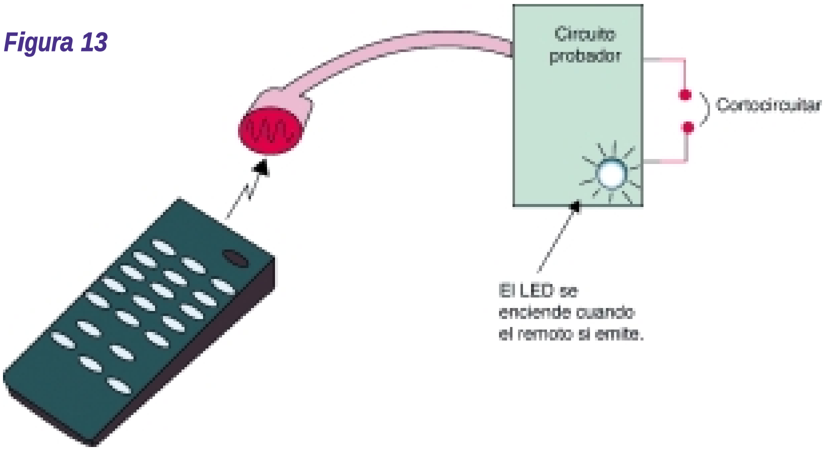

6.8
10 mA
Circuito probador
Ajustar el preset hasta obtener una medición cercana a 6.8 mA
OPU
(En modo focus search)

Figura 13



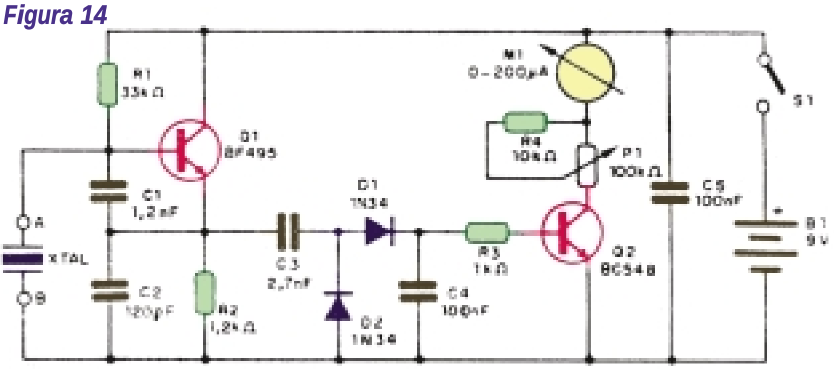
auxiliar para la reparación de reproductores de discos compactos; además, si usted cortocircuita las terminales a las que se conecta el multímetro, este circuito puede servirle también para comprobar la emisión luminosa de los controles remotos infrarrojos, los cuales a veces son un poco difíciles de probar (figura 13). Le recomendamos que no emplee baterías normales de carbón-zinc para alimentar este circuito, ya que hemos descubierto que el voltaje de las mismas es poco estable. Aunque cuesta un poco más, es preferible utilizar una pila del tipo alcalina; ésta ofrece mucho tiempo de vida, y un voltaje sumamente estable durante toda la operación. Como acaba de darse cuenta, sólo se necesita un poco de ingenio y de trabajo manual para no tener que comprar el costoso instrumento de medición al que ya hicimos referencia. De esta manera, cada centro de servicio contará con una forma fácil y rápida de determinar si un lector óptico está funcionando adecuadamente en su etapa de emisión láser. Construya ahora mismo este proyecto, y verá qué pronto le encuentra múltiples aplicaciones.

****

PROBADOR DE CRISTALES

Con el oscilador de prueba descripto en este artículo, podemos probar cristales de cuarzo de frecuencias entre 1 y 30MHz con facilidad. El circuito verifica la oscilación del cristal, dando una indicación directa en un microamperímetro. El aparato funciona con una batería de 9V que tendrá excelente durabilidad dada la pequeña corriente consumida, incluso oscilando. La conexión de los cristales a prueba puede hacerse fácilmente por un par de pinzas cocodrilo. Otra característica importante de este circuito (que animará al montaje a muchos lectores) es que no utiliza ninguna bobina. Para colocar el cristal en funcionamiento tenemos un oscilador del tipo Collpits (divisor capacitivo) con base en un transistor BF494 ó BF495. La frecuencia de este oscilador, evidentemente, es determinada por el cristal de cuarzo y la realimentación que mantiene estas oscilaciones es proporcionada por C1.

Figura 14



El resistor R1 polariza la base del transistor en la configuración de colector común, obteniéndose entonces una señal en el emisor de Q1. Esta señal es detectada por un par de diodos (D1 y D2) y después de filtrado por C4 es aplicado a la base de Q2 por medio de R3. Q2 forma un circuito amplificador que tiene por finalidad excitar el elemento indicador del probador. En la ausencia de la oscilación en Q1 no hay tensión para polarizar la base de Q2 que entonces permanece en el corte. La corriente en el instrumento indicador es entonces nula. Con la oscilación, la tensión de base en Q2 es suficiente para llevarlo a la saturación y con esto tendremos una fuerte corriente de colector para excitación del instrumento.

La finalidad de P1 es ajustar la corriente máxima en el instrumento de acuerdo con su fondo de escala. Esto permite usar instrumentos no sólo de 100μA como el indicado, sino hasta otros de fondos menores (50μA) o mayores (1mA).

Comenzamos mostrando a los lectores en la figura 14 el circuito completo del probador.

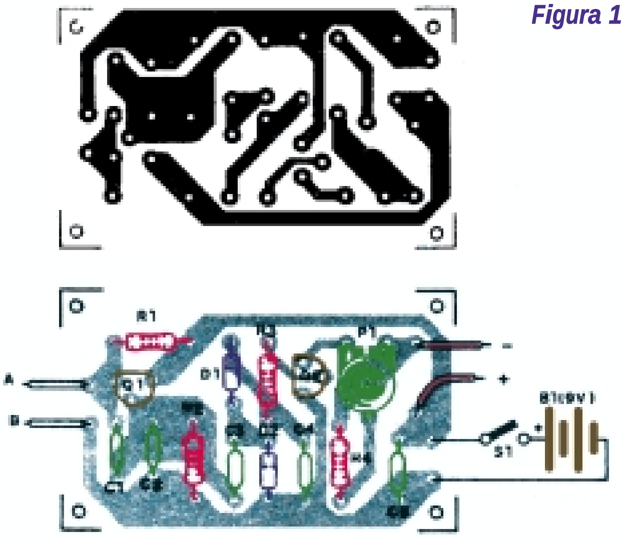
El montaje se puede hacer con la base de una pequeña placa de circuito impreso como se muestra en la figura 15.

El transistor Q1 puede ser cualquier equivalente NPN de uso general. Para mayor sensibilidad recomendamos usar diodos de germanio para D1 y D2, pero a falta de ellos los tipos de silicio más comunes como los 1N4148 ó 1N914 también funcionarán.

Los resistores son todos de 1/8W y los capacitores deben ser todos del tipo disco cerámico. P1 es un trimpot con valores entre 47kΩ y 470kΩ según la sensibilidad del instrumento. El instrumento es un microamperímetro de 50 a 250μA de fondo de escala u otro de escala mayor, si reducimos el valor de R4 y P1 para obtener ajuste.

Para la batería usamos un conector, y para la conexión del cristal sugerimos un zócalo o bien un par de pinzas cocodrilo conectadas al circuito por cables bien cortos (máximo 15 cm).

Figura 15



Lista de Materiales (Probador de Cristales)

Q1 - BF494 o BF495 - transistor NPN de RF
Q2 - BC548 o equivalente - transistor NPN de uso general
D1 y D2 - 1N34 - diodos de germanio
M1 - 0-200 A - microamperímetro
S1 - interruptor simple
B1 - 9V - batería
XTAL - cristal a prueba
R1 - 33k‰ x 1/8W
R2 - 1,2k‰ x 1/8W
R3 - 1k‰ x 1/8W
R4 - 10k‰ x 1/8W
P1 - 100k‰ - trimpot
C1 - 1,2nF - capacitor cerámico
C2 - 120pF - capacitor cerámico
C3 - 2,7nF - capacitor cerámico
C4 y C5 - 100nF - capacitores cerámicos

Varios: *placa de circuito impreso, caja para montaje, conector de batería, cables, estaño, etc.*

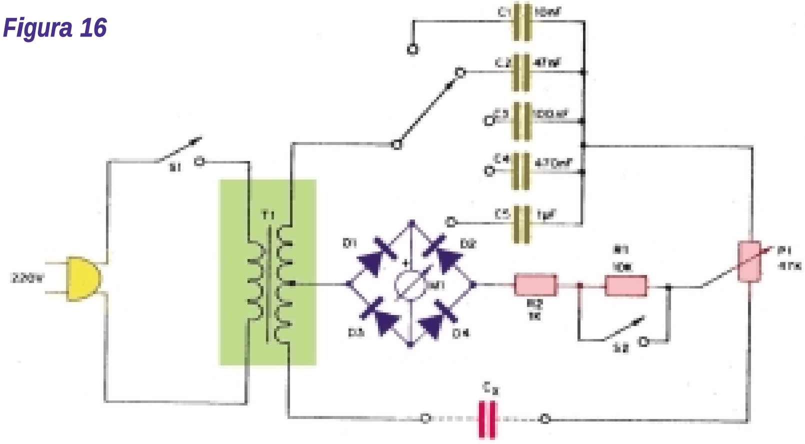
Para la prueba basta conectar la unidad e inicialmente conectar un cristal de 1 a 30MHz en la pinza o soporte.

Accionando S1 debe haber movimiento de la aguja del instrumento si el cristal está bueno. Ajustamos entonces P1 una única vez para obtener una indicación de fondo de escala.

Para usar el aparato el procedimiento será simplemente conectar el cristal al circuito y observar la aguja.

Sin deflexión no hay oscilación. La ausencia de oscilación de un cristal puede ocurrir por varios motivos. Uno de ellos es la propia rotura del cristal por un golpe o caída, en cuyo caso el mismo queda inutilizado.

Figura 16



Medidor de Capacitores

La medición de capacitores para determinar su capacidad ofrece muchos problemas al experimentador, ya que no puede hacerse de modo directo con el multímetro. Los capacímetros, por otro lado, son instrumentos algo caros y que por lo tanto no siempre están al alcance del bolsillo del estudiante, hobbista o técnico. El circuito es un puente de capacitores que puede medir valores entre 4,7nF y 2,2µF con buena precisión, dependiendo de su ajuste, y que usa pocos componentes de bajo costo.

Los capacitores se caracterizan por impedir la circulación de corrientes continuas, pero dejan pasar corrientes alternas en una proporción que depende de su valor y de la frecuencia de la corriente. Así, decimos que los capacitores presentan una reactancia capacitiva (medida en ohm) que es tanto menor cuanto mayor es su capacidad y mayor la frecuencia de la corriente.

Si tenemos una corriente de frecuencia fija, 50Hz por ejemplo, el capacitor se comporta como una resistencia cuyo valor depende justamente de su capacidad. En una frecuencia de 50Hz, por ejemplo, un capacitor de 100nF se comporta como un resistor de 31.800Ω, mientras que el mismo capacitor, en la frecuencia de 5kHz se comporta como un resistor de 318Ω (en ambos casos hay desfasaje entre más tensión y corriente).

El medidor que describimos aprovecha la corriente que circula en un capacitor de valor desconocido, para determinar su valor, comparándolo con la corriente que circula en un capacitor tomado como referencia. Este proceso se hace por circuitos especiales denominados ***puentes .***

En un puente todos los elementos del circuito están equilibrados, o sea, cuando sus valores están en una determinada relación, entre los polos del instrumento indicador no hay circulación de corriente y el mismo indica la condición nula, o sea, el punto de equilibrio.

En nuestro caso, el puente formado tiene por elementos un transformador que proporciona la energía externa bajo la forma de corriente alterna, el capacitor desconocido es un capacitor tomado como referencia y además de eso el instrumento indicador de nulo y un potenciómetro para ajuste.

Cuando colocamos en el puente un capacitor del mismo valor que el tomado como referencia, las tensiones que aparecen en los extremos del potenciómetro son iguales en relación a la toma central del transformador, de modo que el ajuste de nulo se obtiene con el cursor en el medio de su recorrido.

Si el capacitor desconocido fuera diferente del tomado como referencia para obtener el ajuste de nulo, con igual tensión en los extremos del instrumento, tenemos que colocar el potenciómetro en una posición diferente del centro.

Es justamente en función de esta posición del cursor que podemos entonces tener una idea del valor del capacitor que estamos midiendo.

Con el circuito indicado, podemos obtener el equilibrio del puente con capacitores que van desde la mitad del valor tomado como referencia hasta el doble, lo que significa una banda de 4:1.

Podemos inclusive establecer para el potenciómetro una escala que nos permitirá determinar no sólo la condición de equilibrio con un capacitor igual al de referencia, como también relaciones de 1:2 ó 2:1 alrededor del valor de re-

Lista de Materiales (Medid. de Capacitores)

T1 - transformador primario de 110 220V y secundario de 6, 9 12V con toma central y corriente de 100mA o más.
M1 - VU - medidor común
D1, D2, D3, D4 - 1N4001
R1 - 10k‰ x 1/8W
R2 - 1k‰ x 1/8W
P1 - potenciómetro lineal de 47k‰
C1 - 10nF - capacitor de poliéster
C2 - 47nF - capacitor de poliéster
C3 - 100nF - capacitor de poliéster
C4 - 470nF - capacitor de poliéster
C5 - 1 F - capacitor de poliéster
S1 - interruptor simple (acoplado a P1)
S2 - interruptor simple
S3 - llave de 1 polo x 5 posiciones
***Varios:** cable de alimentación, escala para el potenciómetro, puente de terminales, bornes o pinzas cocodrilo, cables, estaño, etc.*

ferencia. Por ejemplo, si colocamos en el circuito como valor de referencia un capacitor de 10nF y obtenemos el equilibrio en el punto en que tenemos la relación de 1:2 esto significa que el capacitor desconocido tiene valor alrededor de 5nF. Si el punto de equilibrio fuera en el punto 2:1 esto significa que el capacitor desconocido tiene valor alrededor de 20nF. Con la colocación en el circuito de valores de referencia entre 10nF y 1µF tenemos la banda de actuación del aparato entre 4,7nF y 2,2nF.

Para este montaje todos los componentes usados se pueden conseguir con relativa facilidad.

Con relación a los componentes electrónicos consideramos necesario hacer las siguientes observaciones. El transformador puede ser de cualquier tipo que tenga un bobinado primario de acuerdo con la red local, o sea, 110V ó 220V, y secundario de 6, 9, ó 12V con corriente de 100mA ó más. La llave conmutadora que coloca los capacitores de referencia en el circuito es de 1 polo x 5 posiciones rotativa. Si el lector tiene dificultades en obtener esta llave puede optar por 5 interruptores simples colocados uno al lado de otro en la caja. Estos interruptores serán entonces accionados según el valor de referencia deseado.

La llave S1 es un interruptor simple que aumenta la sensibilidad del aparato en el comienzo de la banda de medidas. Los capacitores usados como referencia son de poliéster metalizado. La tolerancia de estos capacitores determinará la precisión de las mediciones. Como el aparato tiene por finalidad solamente dar una indicación aproximada de los capacitores a prueba, pues estos componentes admiten tolerancias de 20% y hasta más en la mayoría de los casos, el lector no precisará preocuparse por la precisión.

En verdad, la propia calibración de la escala no es de gran precisión, pues el aparato no busca eso. Tenemos enseguida el instrumento indicador que sirve solamente para acusar el punto de nulo. Se trata de un VUmetro común de 200µA. Se puede usar cualquier tipo, dando preferencia a los de menor costo. Los diodos del puente pueden ser 1N4001 ó cualquier equivalente, incluso de menor corriente como el 1N914, 1N4148, etc.

El potenciómetro de 47kΩ debe ser lineal y puede tener incorporado el interruptor general.

Tenemos finalmente el resistor único de 10kΩ x 1/8W que sirve para reducir la sensibilidad del instrumento en la medición de las capacidades mayores, pues sin él el VU puede ver su aguja forzada a golpear con violencia en el final de la escala en los ajustes.

El circuito completo del medidor de capacitores se muestra en la figura 16 (ver hoja anterior).

Para realizar la prueba coloque inicialmente un capacitor de 10nF en el aparato, conectándolo a las pinzas cocodrilo o a los bornes de prueba, según lo disponga a su elección. Conecte el probador al toma accionando enseguida el interruptor general. La llave S2 debe estar abierta. Coloque la llave selectora en la posición correspondiente al capacitor de 10nF de referencia. A continuación, ajuste el potenciómetro de modo de obtener la indicación de cero de corriente en el instrumento. Esto debe ocurrir en el punto 1 de la escala o cerca de eso, mostrando que la relación entre las capacidades es de 1:1, o que sean, son iguales.

Coloque un capacitor de 22nF como prueba en el circuito. Procediendo del mismo modo se obtiene un equilibrio del instrumento con la indicación de cero en la posición 1:2 del potenciómetro. Para obtener el punto correcto de ajuste de nulo, cuando la aguja del instrumento se acerca a cero, se cierra el interruptor S2.

Para usar el aparato basta sólo colocar el capacitor a prueba en el circuito y buscar en la llave y en el potenciómetro las posiciones que dan la corriente nula en el instrumento.

En el potenciómetro se lee la relación de capacidades entre la referencia y el capacitor que estamos probando.

****

Probador de Circuitos Integrados

Muchos circuitos integrados, y en particular los CMOS, son sensibles a las descargas electroestáticas, por lo que vienen protegidos por embalajes o espumas antiestáticas. Este probador permite controlar los circuitos integrados más corrientes, en particular todas las compuertas CMOS de 2 entradas: CD4001 (NOR), CD4011 (NAND), CD4071 (OR), CD4081 (AND), CD4093 (NAND disparador) y los inversores CD4069 y CD4584 (disparador) el contador decimal CD4017 y otros también de uso corriente.

También se pueden probar los circuitos lineales como el CA741 (amplificador operacional) y el LM555 (temporizador). El circuito se compone de varias partes que funcionan independientemente pero que, por comodidad, agrupamos en un solo impreso.

Las funciones de estos módulos son las siguientes:

1) Fuente de alimentación
2) Módulo de reloj
3) Módulo de prueba de las compuertas de 2 entradas

1) Fuente de alimentación: Puede ser de 9V o 12V. Proponemos el

Figura 17

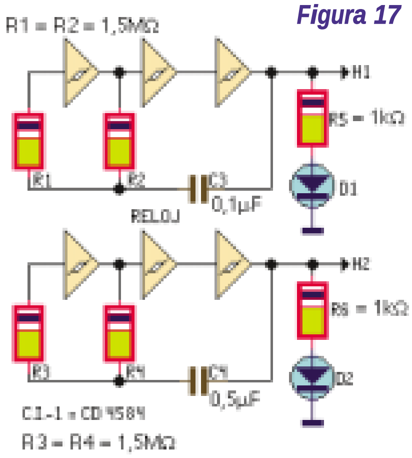
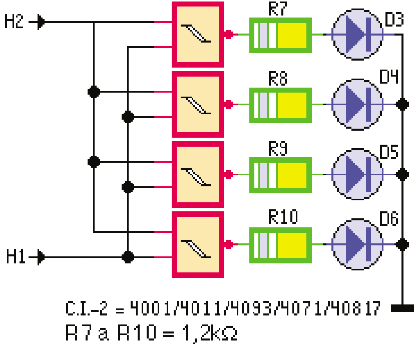


Figura 18



uso de una batería común de 9V que alimenta todos los módulos al presionar el pulsador de "PRUEBA".

2) Módulo de reloj: Está compuesto por un disparador CD4584. Las compuertas inversoras están conectadas para formar un oscilador de baja frecuencia. El circuito del reloj se encarga de generar dos frecuencias, H1 y H2, visualizadas por los LEDs D1 y D2 en serie con R5 y R6. Alimentan todas las entradas de reloj de los otros módulos para prueba (figura 17).

3) Módulo de prueba de las compuertas de 2 entradas: CI2 representa el zócalo de los circuitos integrados que se han de probar; CD4001 (NOR), CD4011 (NAND), 4071 (OR), CD4081 (AND), CD4093 (NAND disparador). Una de las entradas de las compuertas está conectada al reloj H1 y la otra al reloj H2. Las salidas de cada compuerta alimentan un LED que permite visualizar el estado lógico. La combinación de las frecuencias reloj prueba todos los estados de las entradas. Los LEDs D3 a D6 destellan según la tabla de verdad de cada compuerta (figura 18).

Cuando se alimente el circuito, deben destellar los LEDs verdes de 5 mm de Ø D1 y D2, que visualizan las frecuencias reloj H1 y H2. D1 debe destellar tres veces más rápidamente que D2. Insértense uno por uno, en su zócalo correspondiente, los circuitos integrados que se quieren controlar y verifíquese su funcionamiento. Si un LED nunca se enciende, está seguramente conectado al revés o el circuito integrado que corresponde no se encuentra en buen estado.

****

Medidor de Inductancias

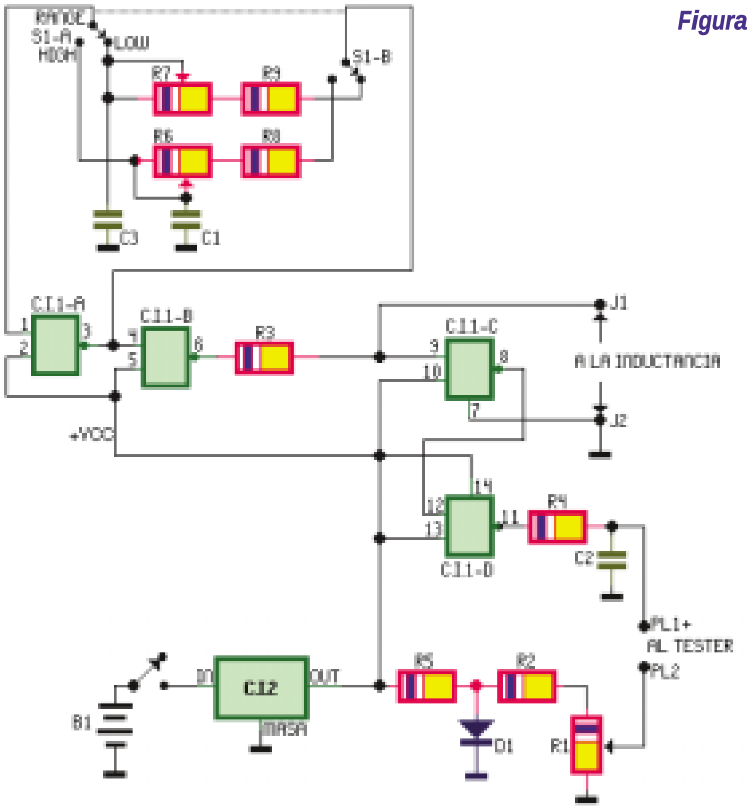
El circuito que describimos es un adaptador que puede conectarse a un multímetro común para medir inductancias desde valores muy pequeños. La exactitud en la lectura dependerá del instrumento utilizado, téngase en cuenta que para los principiantes es aconsejable emplear un multímetro analógico o un milivoltímetro de bobina móvil.

El circuito que proponemos es bastante sencillo y permite medir inductancias en un rango que va desde los 2µH a los 10mH aproximáadamente, cubriendo prácticamente toda la gama de valores empleados en electrónica de uso frecuente. Estas medidas se consiguen en dos rangos.

El circuito propuesto se muestra en la figura 19, se alimenta con una batería de 9V, que entrega su tensión a un regulador del tipo LM7805 que alimentará el probador cuando se accione S2.

El corazón del proyecto es un integrado cuádruple que posee compuertas NAND del tipo scmith triger. La primera compuerta se configura como oscilador con frecuencia variable por medio del pre-set R6, el que conviene que sea del tipo multivueltas con el objeto de tener un ajuste correcto. Note que el lazo de realimentación del oscilador es una segunda compuerta. La salida de este oscilador se conecta a una de las patas del inductor bajo, prueba, tal que al conectar un elemento para su prueba, en la pata 9 del integrado permanezca en estado alto durante un período superior a un ciclo de la señal cuadrada generada por el mismo integrado. Cabe aclarar que el estado en que permanecerá en estado alto de-

Figura 19



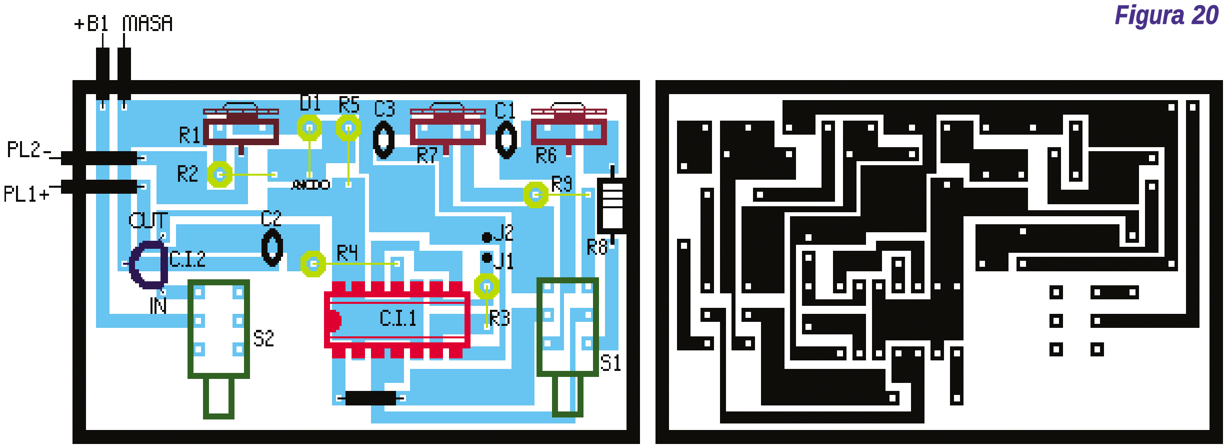


Figura 20

Lista de Materiales (Medid. de Inductancias)

CI1 - 74HC132 - Integrado TTL de alta velocidad.
CI2 - 7805 - Reg. de tensión.
D1 - 1N4148 - Diodo de uso general.
S1, S2 - llave doble inversora para impresos.
R1 - Pre-set de 1k‰
R2 - 27k‰
R3 - 220‰
R4 - 12k‰
R5 - 100k‰
R6, R7 - Pre-set de 12k‰
R8, R9 - 18k‰
C1 - 10nF - Cerámico
C2 - 0,1 F - Cerámico
C3 - 1nF - Cerámico
Varios: *Caja para montaje, placa de circuito impreso, cables, estaño, fichas banana, batería de 9V, etc.*

penderá de la inductancia. De esta manera, luego de la ***carga del inductor***, la pata 9 del integrado cambia de estado con lo cual entre PL1 y PL2 habrá una tensión continua que dependerá del valor del inductor.

Los pre-set R6 y R7 permiten calibrar el circuito para valores bajos y altos de inductancia respectivamente (uno para cada rango), mientras que con R1 se pone a ***cero*** el instrumento de bobina móvil. El circuito impreso de nuestro medidor de inductancias se muestra en la figura 20. Con S1 se elige el rango de medida, de 2 a 500µH y de 100µH a 10mH respectivamente. Para la calibración debe contar con dos inductores patrón de valores perfectamente establecidos (uno para cada rango), luego los coloca en los terminales correspondientes con el rango adecuado y conecta un voltímetro con 500mV a fondo de escala entre Pl1 y Pl2.

Si consiguió una bobina de 250µH, debe ajustar R6 de modo que la aguja quede en la mitad de la escala (250mV). Un dato a tener muy en cuenta es que la impedancia del voltímetro debe ser superior a 1Mz para no cometer errores en la lectura. Como verá, en un rango la lectura será directa pero en el otro deberá aplicar un factor de multiplicación, por ejemplo, manteniéndonos en el caso anterior, con un inductor patrón de 5mH, R7 deberá ser calibrado para que la aguja indique 250mV. ***********

IMPORTANTE:

Con este capítulo hemos concluído la segunda etapa de esta enciclopedia (de 24 fascículos). A partir de aquí, y hasta la finalización de la obra, el lector recibirá material de estudio que lo capacitará para reparar equipos electrónicos de consumo, tales como televisores, videocaseteras, equipos de sonido, lectores DVD, computadoras, etc., por ello, con cada fascículo se entregará un "vale" para que lo canjee por componentes y material bibliográfico. Recordamos que esta obra se realiza con el aval de Saber Electrónica, revista de edición mensual que se distribuye en todo América de habla hispana, siendo la obra técnica de habla hispana de mayor tirada en el mundo. Para quienes recién comienzan en el *apasionante mundo de la electrónica*. Si desea recibir mayor información GRATUITAMENTE, solicite sin cargo nuestro catálogo al (011)4301-8804 o por Internet a: ateclien@vianetworks.net.ar

El Mundo de la
Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron seleccionados y adaptados por Horacio Vallejo.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

VIDEOGRABADORES

Teoría de Funcionamiento

15

El Mundo de la Electrónica

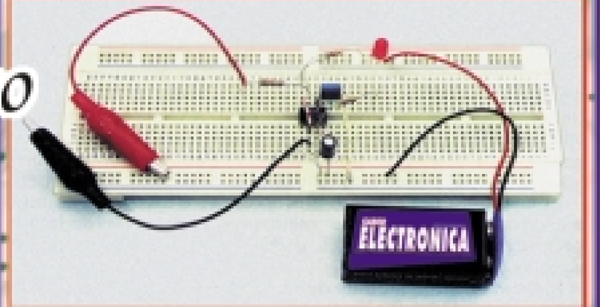
Reparaciones en Etapas de Salida de Audio

Los Reguladores de Tensión Integrados

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

Bricolage

Cargador Automático de Baterías



Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 15

REPARACIONES EN ETAPAS DE SALIDA DE AUDIO DE RECEPTORES DE RADIO

Primera configuración 227
Segunda configuración 228
Tercera configuración 229
Reparación con multímetro.............230
Cómo medir tensiones en una radio 231

REGULADORES INTEGRADOS DE LA SERIE 78XX

Regulador de tensión patrón 232
Regulador fijo con mayor tensión de salida 232
Aumentando la tensión de salida con zéner..........................232
Tensión de salida ajustable con CI regulador fijo.........................232
Fuente de corriente fija 233
Fuente de corriente ajustable 233
Cómo aumentar la corriente de salida...233
Reguladores 78XX en paralelo 233
Regulador de tensión fijo de 7A 233
Regulador de 7A con protección contra cortos................234
Regulador ajustable utilizando CIs 7805 y 741..................234
Fuente de tensión simétrica utilizando CI 78XX 234

TEORIA DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VIDEOGRABADORES

Nota histórica.......................................234
La grabación magnética.....................235
Grabación lineal contra grabación helicoidal............................236
El formato VHS......................................236
Grabación de audio............................237
Grabación azimuthal 237
El track de control y los servomecanismos............................238
El sistema de control 239
Algunas características de las videograbadoras modernas................239
Manejo remoto 239
Grabación no asistida..........................239
Sistema de autodiagnóstico 239
Múltiples velocidades de reproducción 240
Efectos digitales....................................240
CARGADOR AUTOMATICO DE BATERIA....240

Cupón Nº 15
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ___________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 15

Reparaciones en Etapas de Salida de Audio de Radio a Transistores

INTRODUCCIÓN

La parte final de todo receptor de radio transistorizado es una etapa de salida de audio, que puede presentar diversas configuraciones, según el modelo y la época de su fabricación.

Los tipos de defectos que aparecen en estas etapas de salida y el procedimiento para su localización y reparación dependen evidentemente de las configuraciones.

Iniciamos entonces este análisis de las configuraciones más comunes, además de algunos **"consejos"** sobre lo que puede ocurrir en cada una y cómo descubrirlo.

Como ya dijimos, para la localización fácil de los defectos el lector podrá contar con dos recursos muy importantes en los que hay que pensar como **"inversión"** para su taller (figura 1):

a) El multímetro, y
b) el inyector de señales.

PRIMERA CONFIGURACIÓN

La configuración más sencilla de salida que se encuentra en radios transistorizadas es la que emplea sólo un transistor con transformador de salida, como muestra la figura 2. Esta es una etapa de salida en clase A en la cual se dan las tensiones que se encuentran en los diversos puntos cuando la alimentación de la radio se hace con 4 pilas, o sea, 6V.

Estas tensiones se miden con el multímetro en la escala más baja de tensión que permite la lectura de los valores indicados y conectándose la punta de prueba negra a masa o referencia de la radio que es, en este caso, el polo negativo del soporte de las pilas.

Observamos que existen algunas radios en que la referencia se hace en relación al positivo de la fuente, o sea, debemos conectar al positivo de la fuente la pinza roja y medir en los puntos indicados con la punta negra (figura 3).

El lector puede saber eso por el diagrama de la radio, que suele aparecer en la parte trasera de la

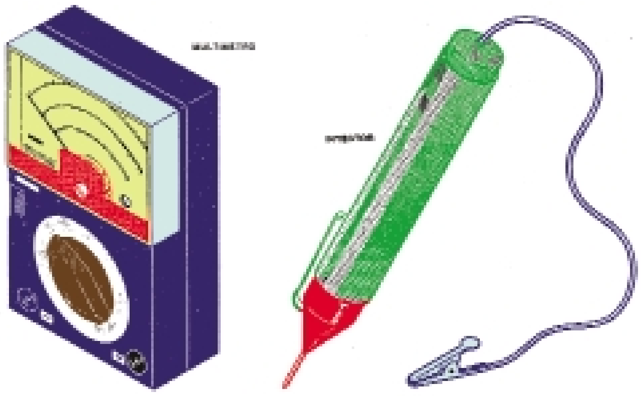


Figura 1

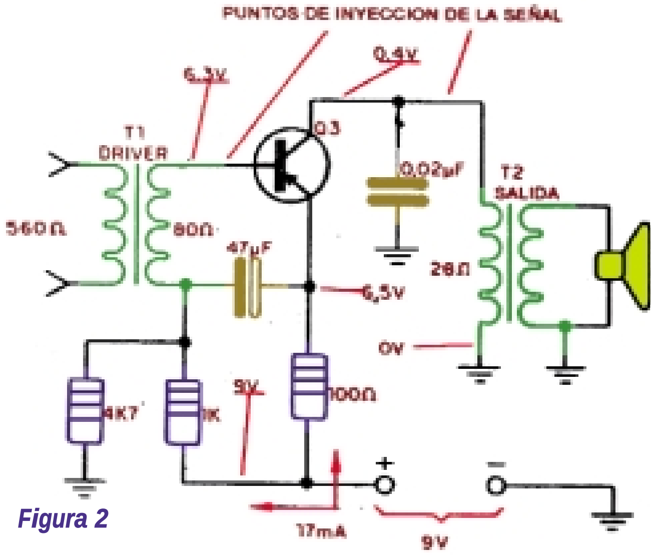


Figura 2

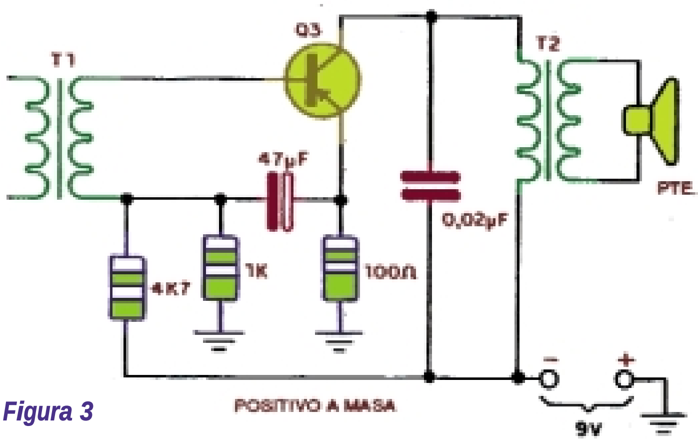


Figura 3

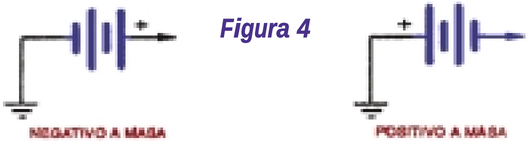


Figura 4

caja, según la batería sea representada con el polo positivo o negativo a masa (figura 4). En las mediciones es importante que:

Para el negativo a masa:

a) La tensión de emisor del transistor debe ser bastante alta, casi del mismo orden que la tensión de alimentación o algunos volt más baja.

b) La tensión de base debe ser aproximadamente 0,2V más baja que la tensión de emisor.

c) La tensión de colector debe ser bien baja, casi cero volt, o poco más en vista de la resistencia del transformador de salida.

¿Qué tipo de anormalidades pueden ocurrir verificables por la medición de la tensión?

-La tensión de base es igual a la de emisor: en este caso tenemos un transistor en corto, o bien puede haber interrupción del bobinado secundario del transformador driver (T1).

La tensión de base y de emisor son anormalmente altas, mucho más altas que la esperada en el esquema: en este caso podemos sospechar que el transformador se encuentra abierto. Si la tensión de colector también fuera alta esto estará confirmado.

Otro problema que puede ocurrir con una radio de este tipo es el exceso de consumo acompañado con la distorsión del sonido.

Esto puede ocurrir en vista de la alteración del valor de los resistores de polarización de base. La reducción del resistor de 1kΩ normalmente reduce el consumo y con cuidado el reparador puede llegar a un valor que también resulte en un sonido sin distorsión, sin afectar mucho el volumen.

Los problemas con los capacitores normalmente vuelven el sonido muy agudo o grave, según el caso. Los valores indicados en ohm para los transformadores indican la resistencia que deben presentar cuando se los prueba con el multímetro. Estos valores, evidentemente, varían de radio a radio, pero ofrecen una indicación aproximada a los lectores.

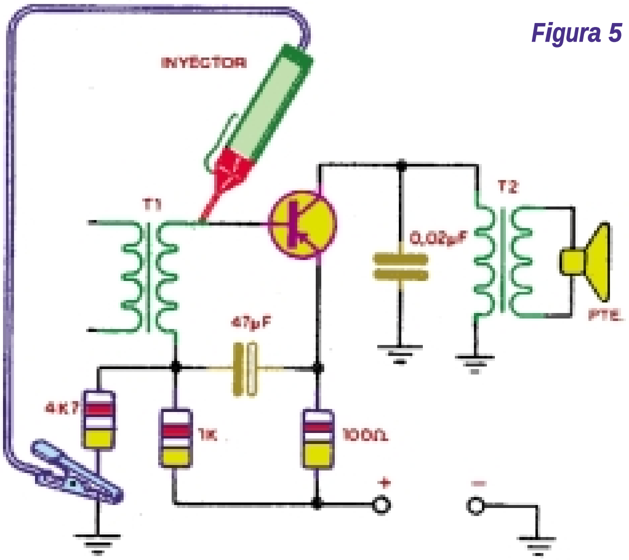


Figura 5

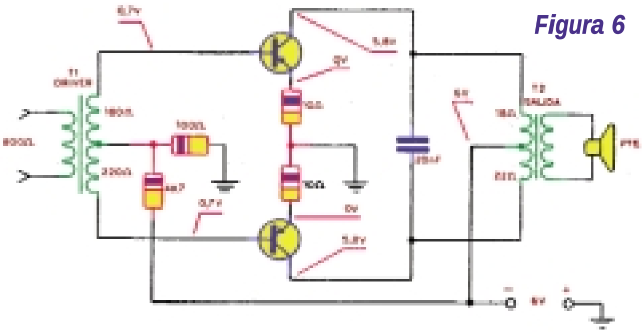


Figura 6

La falta de sonido en una radio que tenga esta etapa puede significar no sólo problemas con los componentes en sí, sino también con el parlante, que debe ser probado. El inyector de señales puede ser usado de la siguiente manera en esta etapa:

Se inyecta la señal en la base del transistor y se conecta el terminal de tierra al punto común, como muestra la figura 5.

Si la reproducción fuera distorsionada o no existiera, debe verificarse el transistor, los componentes de polarización y también el parlante. Para el transformador driver y salida, la prueba de continuidad puede revelar problemas. Para el parlante, el lector debe hacer la prueba de la sustitución, que consiste en tener un parlante de prueba para conectar en su lugar, en caso que sospeche de este componente, provisoriamente.

SEGUNDA CONFIGURACIÓN

Una segunda configuración, bastante común, es la que lleva dos transistores unidos en clase B, con transformador de salida, como muestra la figura 6.

Esta etapa exige tanto transformador driver con toma central de secundario como salida con toma central en el primario.

Vea el lector que cada transistor opera simétricamente en relación al otro, lo que significa que las tensiones en cada uno deben corresponder; esto facilita el descubrimiento de eventuales problemas con un multímetro.

En la misma figura mostramos las tensiones de una etapa típica de este tipo en que tenemos el positivo a masa.

El multímetro debe tener la punta roja conectada al polo positivo de la batería mientras que la punta de prueba negra se apoya en los puntos en que se desea anotar las tensiones.

Las tensiones de base, colector y emisor deben ser absolutamente iguales en una etapa de este tipo que esté buena.

Los transistores más comunes para estas etapas son los mismos de la anterior, pero con la diferencia que son componentes **“apareados”** (transistores de idénticas características pero uno es PNP y el otro es NPN). Este hecho es importante, pues al cambiar uno, se debe normalmente cambiar también el otro, aunque esté bueno, para mantener el **"equilibrio"**. Si se cambiara uno solo, la radio podrá presentar problemas.

Observación: el lector que pretende especializarse en reparaciones debe adquirir esquemas de las radios y minicomponentes más comunes, que existen en publicaciones especializadas. Estos esquemas traen las indicaciones de todas las piezas, además de informaciones importantes para el reparador, como las tensiones en los puntos principales y los procedimientos para ajustes.

Las anormalidades que pueden ocurrir en una etapa de este tipo son:

-Distorsión del sonido ocasionada por la quema de uno de los transistores, que puede ser localizada por la medida de tensión en sus terminales.

-Falta de sonido ocasionado por la interrupción de los bobinados de uno de los transformadores. Esto puede ser indicado por la medición de la continuidad.

-Exceso de consumo ocasionado por la alteración de características de los transistores. Este problema puede ser resuelto por la alteración de valor del resistor de 4k7 que debe ser aumentado, sin que, sin embargo, se llegue al punto en que se evite la distorsión.

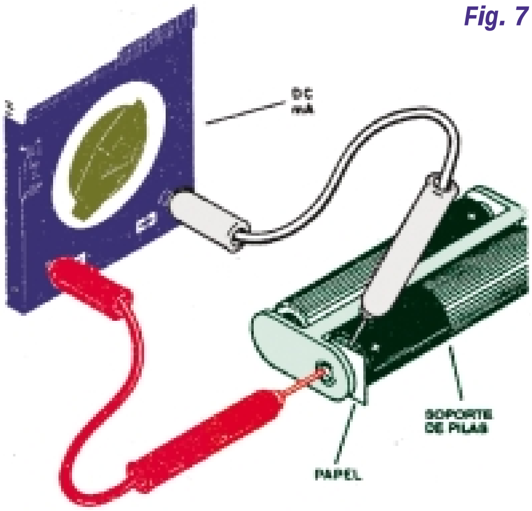
Para medir el consumo de una radio, el procedimiento es el que muestra la figura 7.

Se coloca una pequeña hoja de papel entre el polo positivo de la pila (última) y el soporte, de modo de interrumpir la corriente. Después se apoyan las puntas de prueba, una en una pila y la otra en el contacto con el multímetro en la escala apropiada de mA (Dc mA).

Consumos normales para radios de dos pilas se sitúan entre 10 y 50mA mientras que para radios de 4 pilas pequeñas este consumo puede llegar hasta 100mA con el volumen máximo. En reposo, las corrientes son bastante más bajas.

Así, para una radio de 2 pilas pequeñas, la corriente con mínimo volumen no debe superar 10mA y lo mismo ocurre para una de 4 pilas pequeñas.

Fig. 7



TERCERA CONFIGURACIÓN

Esta es una configuración más moderna, que se encuentra en radios más recientes, y hace uso de dos transistores complementarios, como muestra la figura 8. Los transistores normalmente usados en este circuito son de silicio, y uno es NPN mientras que el otro es PNP.

En esta configuración la impedancia de salida obtenida es baja y el transformador de salida se elimina. El sonido es llevado directamente al parlante por medio de un capacitor electrolítico de alto valor.

Los dos diodos en las bases de los transistores funcionan como polarizadores y estabilizadores. El resistor en la base del primer transistor determina la corriente de reposo del circuito que normalmente debe quedar por debajo de los 10mA en radios comunes.

Es fácil para el lector identificar una radio que tenga esta salida, porque no tenemos el transformador, y los transistores de salida son diferentes. Pares comunes son el BC327 y BC337, o bien BC237 y BC547. Para transistores japoneses (antiguas) podemos citar pares como el 2SB77 y 2SD77.

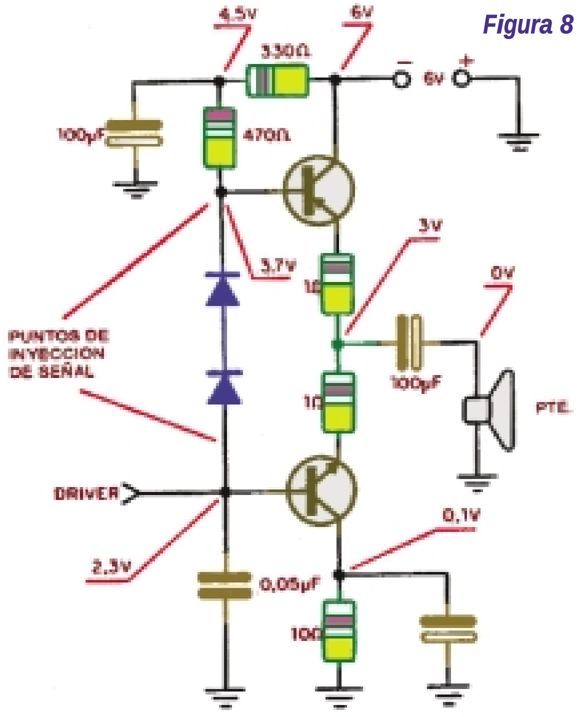
En este caso, las tensiones encontradas en los terminales de los transistores no son las mismas, pues los mismos trabajan simétricamente, pero no en relación a la fuente. La simetría es en relación a la señal, ya que cada uno amplifica la mitad del ciclo de la señal.

Los problemas que pueden ocurrir con una etapa de este tipo son:

-Distorsión, cuando uno de los transistores de salida tiene algún problema. Este defecto puede ser determinado por la medición de tensiones de acuerdo con el diagrama de cada aparato.

En nuestra figura ejemplo, mostramos las tensiones de un circuito típico que servirán de orientación al lector. Vea qué tensiones de base, diferentes de la tensión de emisor en valor, que no esté cerca de 0,6V para transistores de silicio o

Figura 8



de 0,2V para transistores de germanio, indican problemas con este componente.

-Falta de sonido, que es ocasionada por problemas con el parlante o el capacitor electrolítico. La "quema" del electrolítico puede llevar a uno de los transistores a un esfuerzo que culmina también con su deterioro.

Está claro que la **"quema"** del electrolítico se refiere a que se pone en corto cuando, retirado el parlante del circuito, medimos una resistencia nula entre sus terminales.

La prueba con el inyector de señales debe ser hecha en los puntos indicados y la reproducción no se hace con volumen igual en los dos casos, pues cada transistor presenta características diferentes de operación, por lo que su uso debe hacerse con cautela. Es importante en la sustitución de componentes de este circuito que los transistores tengan los mismos tipos que los originales.

Reparación con Multímetro

El multímetro o bien VOM (Volt-Ohm-Miliamperímetro) es un instrumento que permite medir las tres magnitudes básicas de la electricidad, o sea tensiones (volt), resistencias (ohm) y corrientes (miliamperes). El estudiante de este curso ya conoce cómo emplearlo, pero a los fines prácticos no viene mal un repaso.

Los tipos pueden variar bastante según el costo, pero el mejor multímetro es el que reúne las siguientes características:

- Mayor sensibilidad dada en mayor número de ohms por volt (esta característica nos dice hasta qué punto podemos confiar en el instrumento sin que el mismo interfiera en la magnitud medida).

- Facilidad de uso y transporte.

Los multímetros que tengan (sensibilidades) de más de 20.000Ω por volt en las escalas de tensiones continuas y que posean por lo menos 2 ó 3 escalas de resistencias y de corrientes.

Con un multímetro de este tipo, con facilidad se pueden localizar muchos problemas en radios transistorizadas.

Pero, claro, si el lector tiene los medios necesarios, o realmente pretende dedicarse a las reparaciones profesionalmente, entonces puede invertir más dinero en un multímetro electrónico (con FET en la entrada que garantiza 22MΩ de sensibilidad) o incluso digital.

Los multímetros comunes poseen una llave selectora que elige aquello que se medirá, o sea, cuál es la escala válida, y además de esto, dos orificios para colocar los pines de las puntas de prueba.

Existen aquellos que en lugar de una llave selectora, poseen agujeros para las puntas de prueba que se eligen de acuerdo con lo que se desea medir (figura 9).

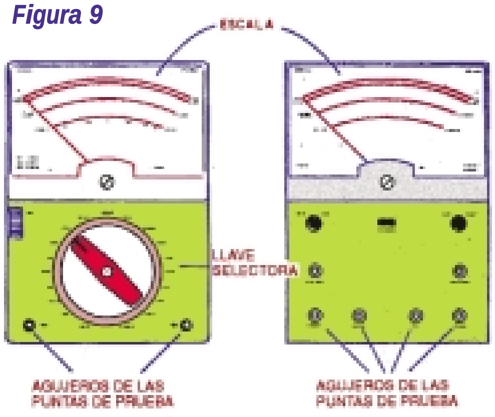
Pero lo importante es colocar la llave (o las clavijas de las puntas de prueba) en la posición adecuada para la medición realizada. Si colocamos la llave en la posición de medir corriente y luego medimos tensión (la manera de conectar el aparato a prueba es diferente) ¡su instrumento puede incluso quemarse!

Por este motivo, si el lector todavía es inexperto, no intente andar midiendo cosas que no sabe realmente qué son, pues esto puede arruinar su (costoso) instrumento. En las radios transistorizadas, las pruebas principales se pueden hacer solamente con la escala de tensiones y resistencias. Las tensiones medidas son cotinuas y las resistencias siempre se hacen con el aparato desconectado, o sea, con la alimentación de la radio desconectada.

Una medición se hace siempre apoyando las puntas de prueba del multímetro entre los puntos del circuito en cuestión, como muestra la figura 10.

Como las radios son alimentadas por corriente continua (pilas), se debe observar la polaridad de las puntas. Esto es fácil: si al apoyar las puntas de prueba en el lugar la aguja indicadora tiende a moverse hacia la izquierda y no hacia la derecha como es normal, en las escalas de tensión y corriente, basta invertir las puntas.

Figura 9

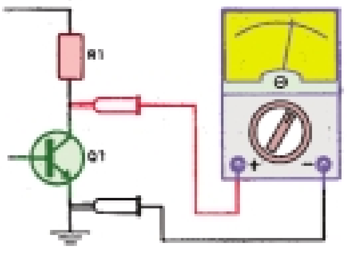

ESCALA
LLAVE SELECTORA
AGUJEROS DE LAS PUNTAS DE PRUEBA
AGUJEROS DE LAS PUNTAS DE PRUEBA

Cómo Medir Tensiones en una Radio

La medición de tensiones en diversos puntos de una radio puede revelar fácilmente problemas de funcionamiento. Para ello, en primer lugar, debemos elegir una escala de tensiones en el multímetro DC Volt en que el valor máximo encontrado en la radio, dado por las pilas, se pueda leer. Por ejemplo, si la radio lleva 4 pilas, debemos elegir una escala que tenga su máximo en más de 6V (10V, por ejemplo).

Después, mediante el diagrama de la radio procuramos saber si tiene el polo positivo o el negativo de las pilas tomado como referencia. Esto también es fácil, pues en el diagrama basta buscar cuál de los polos va al símbolo de tierra, en la fuente, o cuál de los polos va a la línea de referencia como muestra la figura 11.

Figura 10



MIDIENDO LA TENSION ENTRE EL COLECTOR Y EL EMISOR DE Q1

Figura 11

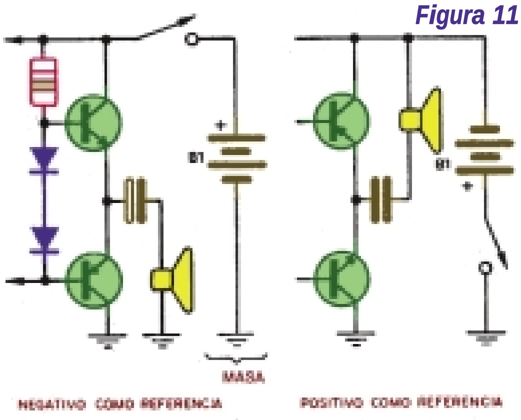
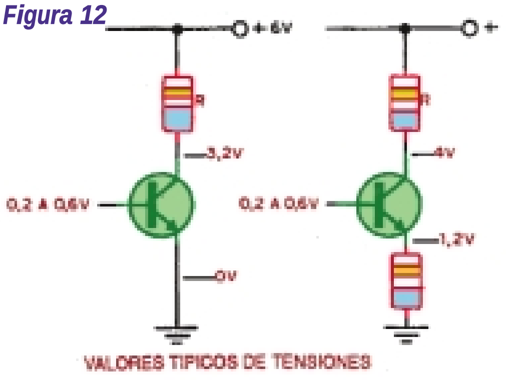


Figura 12



De un modo general, también podemos decir que las radios que usan transistores NPN tienen el negativo como referencia, y las que usan transistores PNP, en su mayoría, tienen como referencia el positivo. En el caso del negativo como referencia, conectamos de modo permanente, con una pinza cocodrilo, la punta de prueba negra en el polo negativo del soporte de las pilas y después vamos apoyando la punta de prueba roja en los puntos en que deseamos saber la tensión. Para el caso de positivo como referencia es la punta de prueba roja que se fija en el polo positivo del soporte de las pilas y la negra se usa para las mediciones.

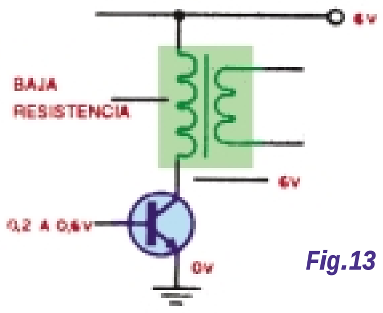


Fig.13

Pero... ¿qué medir?

Los principales puntos de medición de tensión que pueden revelar muchas cosas en una radio que no funciona son los terminales de los transistores. No es preciso recordar que los transistores tienen tres terminales y que por lo tanto son tres las mediciones a hacer.

Los valores de las tensiones encontradas, aunque sea en transistores de etapas diferentes, tienen ciertas relaciones que se mantienen constantes, de modo que las anormalidades pueden ser detectadas con cierta facilidad.

Tomamos inicialmente como ejemplo un transistor NPN, en una radio que tenga por polo de referencia el negativo.

Los valores típicos en dos casos aparecen en la figura 12.

En el primer caso, el transistor tiene el emisor conectado directamente a la referencia y por lo tanto la tensión medida en este elemento debe ser obligatoriamente nula. La tensión de base, dependiente del tipo de transistor, tendrá que estar entre 0,2V para los transistores de germanio, y 0,6V para los de silicio. Si la tensión está por debajo de estos valores (nula), probablemente el transistor está en corto, y si estuviera por arriba, está abierto.

En el segundo caso, existe un resistor en el emisor del transistor, de modo que la tensión en este elemento ya no será nula, pero debe tener un valor bajo, del orden de 2V como máximo, según la tensión de alimentación de la radio. De cualquier manera, la tensión de base debe ser de 0,2V a 0,6V mayor que la tensión hallada en el emisor. En caso que esto no ocurra, los problemas son los mismos que en el caso anterior: tensiones iguales en el emisor y la base indican un transistor en corto, y tensión muy alta en la base, un transistor abierto. Una tensión anormalmente alta en el emisor, del mismo orden que la tensión de colector, puede también indicar que el resistor de emisor está abierto.

Para el caso de los transistores PNP, las lecturas son "invertidas", ya que entonces la tensión de base será más baja que la tensión de emisor. ¡Vea sin embargo que, como estamos ahora con la referencia en el polo positivo de las pilas, las lecturas son las mismas!

Para la tensión de colector, ésta debe ser siempre la más alta. Si fuera anormalmente alta, del mismo orden que la de la fuente de alimentación, cuando no haya en el colector una carga de resistencia elevada, entonces el transistor puede estar abierto (figura 13).

Si la tensión de colector estuviera con un valor bajo, del mismo orden que la tensión de base y de emisor, el transistor estará en corto.

Reguladores Integrados de la Serie 78XX

Los circuitos integrados de la serie 78XX son reguladores proyectados para tensiones de salidas fijas y positivas. Lo que muchos no saben, es que las aplicaciones de estos componentes no se limitan solamente a esta finalidad y en este capítulo presentamos una serie de circuitos que usan estos CIs y mostramos varias ideas prácticas importantes.

Toda fuente de alimentación está formada por etapas y las principales son: transformación, rectificación, filtrado y regulación.

La etapa de regulación, posee diversas configuraciones, dependiendo de cada aplicación. Entre estas configuraciones tenemos las que hacen uso de los integrados reguladores de tensión,

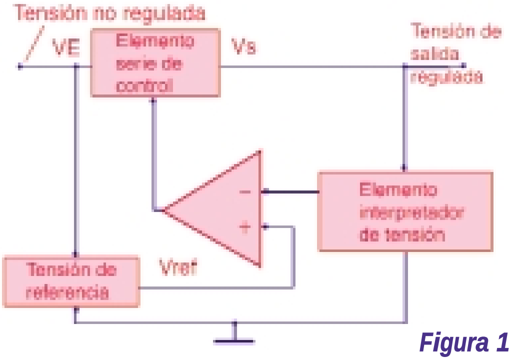

Tensión no regulada
VE
Elemento serie de control
Vs
Tensión de salida regulada
Elemento interpretador de tensión
Tensión de referencia
Vref

Figura 1

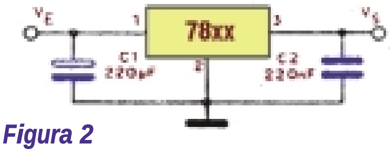

VE
1
78xx
3
VS
C1 220µF
2
C2 220nF

Figura 2

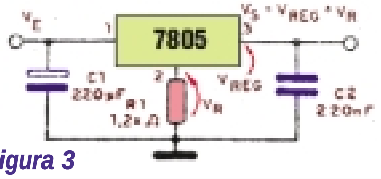

VE
1
7805
3
VS = VREG + VR
C1 220µF
2
R1 1,2kΩ
VREG
VR
C2 220nF

Figura 3

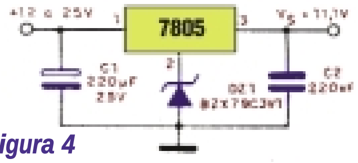

+12 a 25V
1
7805
3
VS = 11,1V
C1 220µF 25V
2
DZ1 BZX79C3V1
C2 220nF

Figura 4

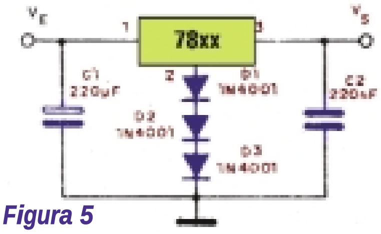

VE
1
78xx
3
VS
C1 220µF
2
D1 1N4001
D2 1N4001
D3 1N4001
C2 220nF

Figura 5

con salida fija en tensión negativa o positiva.

La familia 78XX consiste en CIs reguladores positivos, mientras que la serie 79XX trabaja con valores de tensiones negativas en su salida.

La tabla I muestra los valores de tensión mínima y máxima de entrada para los CIs de la serie 78XX. El valor de tensión regulada está dado por los dos últimos números.

Recordamos que los elementos de esta familia poseen protección interna contra sobrecalentamiento y sobrecargas, además de no necesitar componentes adicionales para realizar el regulado. En la figura 1, se presenta el diagrama de bloques de un circuito integrado regulador de tensión que consiste en:

- Elemento de referencia: que proporciona una tensión de referencia estable conocida.

- Elemento de interpretación de tensión: que muestra el nivel de tensión de salida.

- Elemento comparador: que compara la referencia y el nivel de salida para generar una señal de error.

- Elemento de control: que puede utilizar esta señal de error para generar una transformación de la tensión de entrada y producir la salida deseada.

Agregando algunos componentes externos, podemos alterar esa configuración interna del CI, y así aumentar sus aplicaciones. Observe entonces:

1. Regulador de Tensión Patrón

La aplicación más usada en circuitos utilizando CIs 78XX es la de la figura 2.

La tensión de salida depende del circuito integrado utilizado y la corriente máxima para cualquier CI de esa serie es de 1A. El capacitor C1, filtra la tensión del rectificador, mientras que el capacitor C2, desacopla la alimentación.

2. Regulador Fijo con Mayor Tensión de Salida

En caso de que el lector desee montar una fuente de 12V, pero en su banco de trabajo sólo existan CI 7805...

¿qué puede hacer?

Sencillo: basta colocar un elemento que provoque una caída de tensión, como muestra la figura 3.

De esta forma, la tensión de salida será la suma de la tensión regulada por el CI (Vreg) más la caída del componente.

Tabla I

CI Regulador	Tensión(V) de entrada Mínima	 Máxima
7805	7	25
7806	8	25
7808	10	25
7810	12	28
7812	14	30
7815	17	30
7818	20	33
7824	26	38

El valor del resistor está calculado por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{Vs - Vreg}{5}$$

Donde:

Vs = tensión de salida deseada

Vreg = tensión de salida del regulador

R = resistor en kΩ

Para el ejemplo dado, el valor obtenido para R fue de 1,4kΩ. El valor comercial más cercano es el de 1,2kΩ.

En caso de que la corriente consumida sobrepase los 500mA es conveniente colocar el CI en un disipador de calor adecuado.

3. Aumentando la Tensión de Salida con Zéner

En caso de que el resistor sea sustituido por un diodo zéner, la tensión de salida aumentará de acuerdo con la tensión del mismo (figura 4).

Este mismo razonamiento se aplica con diodos rectificadores comunes, según muestra la figura 5.

Por el hecho de que la tensión de entrada excede el límite soportado, el circuito no es a prueba de cortos.

4. Tensión de Salida Ajustable con CI Regulador Fijo

En la figura 6, tenemos un circuito de comportamiento supe-

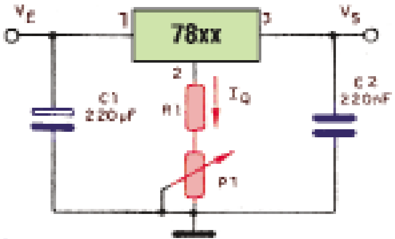


Figura 6

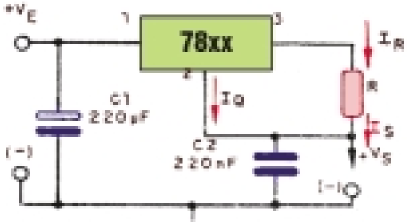


Figura 7

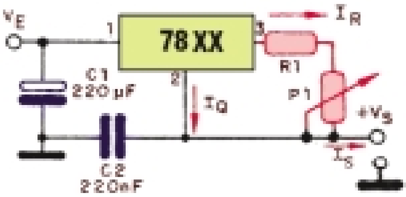


Figura 8

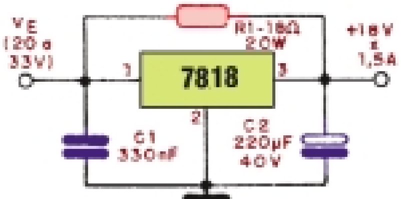


Figura 9

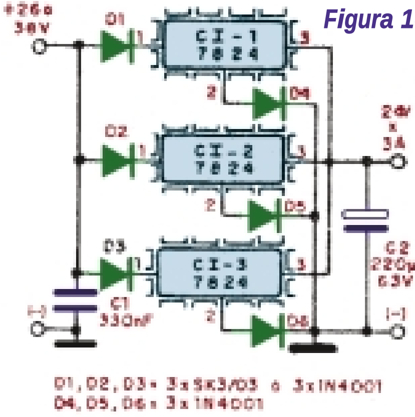


Figura 10

rior en lo que atañe a regulación. Observe que la configuración es la misma que la de la figura 3, con el agregado de un potenciómetro. De esta forma podemos variar la tensión de salida, desde la tensión de regulación del CI (Vreg) hasta el valor máximo, dado por la fórmula:

$$V_s = V_{reg} + \frac{V_{reg} \cdot P_1}{R_1 + P_1} + I_q \cdot P_1$$

Donde: $R_1 < V_{reg} / 3.I_q$

V_{reg} = tensión de salida del regulador

R_1 y P_1 = resistor y potenciómetro en ohm.

I_q = corriente en reposo.

El parámetro Iq es denominado corriente en reposo de operación, y generalmente, está en la banda de los 3mA a los 10mA. La misma es la corriente que fluye de la entrada hacia el terminal común del CI y varía para cada regulador (normalmente se torna 5mA).

5. Fuente de Corriente Fija

Hay casos en que necesitamos una corriente constante, como un cargador de baterías, por ejemplo. Sabemos que el CI posee una tensión constante de salida (Vreg). Si agregamos un resistor tendremos una corriente siempre fija en la salida (figura 7). Para la fuente de corriente del ejemplo dado, la fórmula para calcular el valor de Is es:

$$I_s = \frac{V_{reg}}{R} + I_q$$

Para el CI 7805, el manual indica una corriente de reposo de 4,2mA.

6. Fuente de Corriente Ajustable

En caso de que sea necesaria una corriente ajustable en la salida, utilice el circuito de la figura 8. La corriente de salida máxima y mínima se calcula por la fórmula:

$$I_{s\,máx} = \frac{V_{reg}}{(R+P)} + I_q$$

$$I_{s\,mín} = \frac{V_{reg}}{R} + I_q$$

El control del ajuste de corriente se hace por el potenciómetro, cuyo valor se calcula en función de la banda de valores de corriente.

7. Cómo Aumentar la Corriente de Salida

La manera más simple de ampliar la capacidad de corriente de salida de un CI78XX es la de la figura 9. En el ejemplo utilizamos el CI7818, pero la idea sirve para todos. El resistor de potencia en paralelo como el CI, auxilia en la conducción de corriente. Recordamos que los capacitores C1 y C2 filtran y desacoplan la alimentación, respectivamente.

8. Reguladores 78XX en Paralelo

Otra sugerencia muy interesante aparece en la figura 10. Por el hecho de que los CIs están en paralelo, tenemos la corriente dividida y con esto una mayor provisión de corriente del sistema. Los diodos D1, D2 y D3 aíslan las entradas de los reguladores, mientras D4, D5 y D6 provocan la caída de tensión para compensar la de entrada.

Aconsejamos el uso de, como máximo, cinco CIs en esta configuración para evitar inestabilidades en el circuito. La capacidad de corriente para este ejemplo es de 3A.

9. Regulador de Tensión Fijo de 7A

Con auxilio de un transistor de potencia, podemos aumentar todavía más la capacidad de corriente de salida de un CI de esta serie (figura 11).

Así, para la corriente de hasta 4A sugerimos el uso de un transistor TIP 42. Para corrientes superiores (hasta 7A), el transistor empleado debe ser el MJ2955 o el 2N2955. La tensión de salida está fijada por el CI, y los transistores deben ser colocados en disipadores de calor apropiados para el volumen de corriente deseado. Como aplicación recomendamos el uso en fuentes de alimentación para amplificadores de

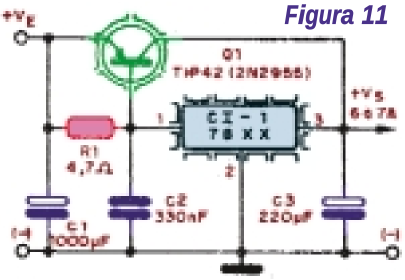


Figura 11

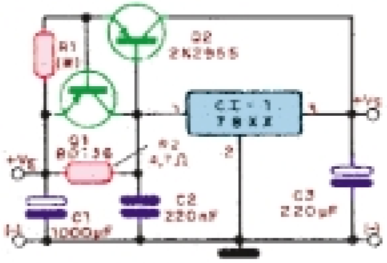


Figura 12

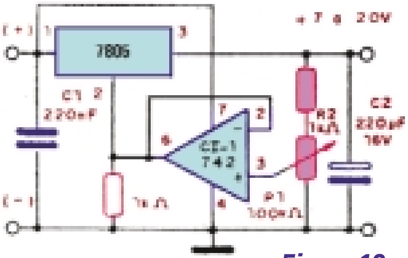


Figura 13

automóviles, en cuyo caso el CI debe ser el 7812.

10. Regulador de 7A con Protección contra Cortos

En los circuitos propuestos, en caso de que hubiera un cortocircuito en la salida, ciertamente el CI y el transistor (si se lo hubiera utilizado) se quemarían.

La figura 12 ilustra un circuito que impide que esto ocurra. En funcionamiento normal, Q2 proporciona la corriente de salida, juntamente con el CI.

El resistor R1 es el sensor de corriente de cortocircuito y es calculado por la fórmula:

$$R1 = \frac{0,7}{Icc}$$

Donde:

R1 = resistor en ohm

Icc = corriente de cortocircuito en amperes

0,7 = corresponde a la tensión base-emisor del transistor Q1 utilizado.

Para calcular el valor de R1, basta sustituir el valor máximo de corriente del circuito.

11. Regulador Ajustable Utilizando CIs 7805 y 741

Hay aplicaciones en que necesitamos una mejor regulación en la salida.

La figura 13 muestra un ejemplo de regulador con tensión de salida ajustable desde 7V hasta 20V.

Para este caso la tensión de salida es siempre regulada de un valor mayor que 2V de la tensión de regulación del CI hasta un valor máximo dado por la tensión de entrada del CI.

Por ejemplo, si en lugar del 7805, hubiéramos utilizado el 7815, tendríamos una variación entre 17V a 20V o más, dependiente del valor de la tensión de entrada.

Recordamos que el CI7824 no puede ser utilizado en esa configuración, porque el 741 podría quemarse, ya que estaríamos trabajando con más de 25V.

12. Fuente de Tensión Simétrica Utilizando CI 78XX

Observe que en la figura 14, usamos nuevamente el 741 que en este caso actúa como un divisor de tensión, juntamente con los resistores R1 y R2. A pesar de que los reguladores trabajan con tensiones positivas, creamos una referencia negativa con el amplificador operacional y así obtenemos tensiones positivas y negativas en relación a tierra.

La diferencia entre la tensión de salida positiva y negativa depende de la tensión de off-set del 741, con valores típicos entre 1mV y 5mV.

Los capacitores C1, C2, C3 y C4 filtran la corriente alterna que pudiera existir y C5 hace un acoplamiento entre la entrada inversora (pin 2) y la salida de CI-3 (pin 6).

Cualquier regulador puede ser usado, con excepción del 7824, debido a los límites de tensión del amplificador operacional. Finalizando, solamente para tener una idea, cada uno de estos circuitos integrados está compuesto internamente por 2 capacitores cerámicos, 3 diodos zéner, 26 resistores de polarización y nada menos que 24 transistores.

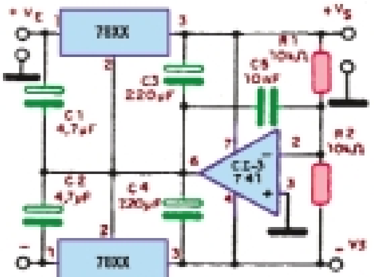


Figura 14

Funcionamiento de los Videograbadores

Introducción

Un videograbador es una máquina electrónico-mecánica diseñada para reproducir y grabar señales de video compuesto en cinta magnética.

En términos generales, los procesos que se llevan a cabo para la lectura de la información grabada en cinta son (figura 1): recuperación de la información previamente grabada; separación de las bandas correspondientes a luminancia y color; manejo de la señal de luminancia y demodulación, para obtener nuevamente la señal de blanco y negro; manejo de la señal de croma para elevar su frecuencia al estándar de 3,58MHz; mezcla de ambas señales y expedición de las mismas, ya sea directamente por las terminales de video o a través del modulador de RF hacia el televisor.

Y al contrario, los procesos que se efectúan para grabar las señales de video compuesto son: sintonía de la señal de TV, demodulación y obtención de las señales de

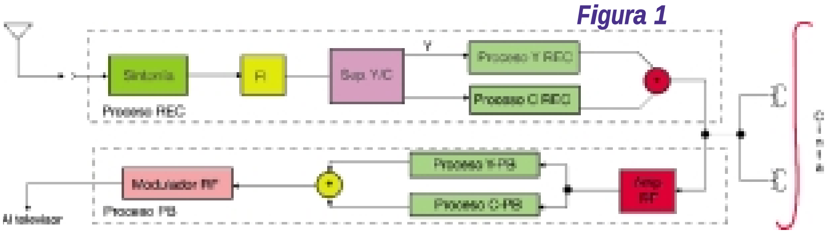


Figura 1

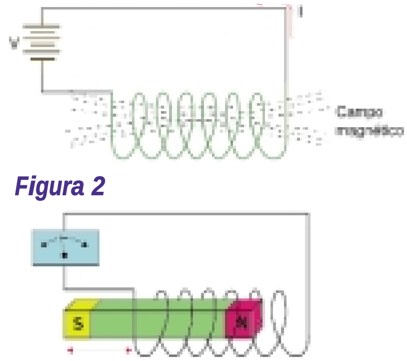


Figura 2

luminancia y croma, manejos individuales a cada una de éstas, mezcla de ambas señales debidamente procesadas y grabación en la cinta magnética.

Los conceptos de la grabación magnética datan de finales del siglo pasado y fueron descritos en forma teórica por Oberlin Smith, en 1888. Unos años más tarde, en 1898, el inventor danés Valdemar Poulsen patentó el primer grabador magnético de sonidos.

Los primeros aparatos utilizaban como medio de almacenamiento un alambre de acero, aunque posteriormente se experimentó con el uso de una cinta metálica y luego de celulosa, dando origen en 1936 al magnetófono, el cual sentó la base de toda una generación de medios basados en cinta (las populares grabadoras de carrete abierto). Pero, sin duda, el factor que marcó el despegue de las cintas magnéticas como medio popular de distribución y almacenamiento de audio, fue el desarrollo del casete, introducido por Philips en 1964, pues gracias a este dispositivo el usuario no tenía que enhebrar la cinta manualmente (como sucedía con los carretes), ni ésta quedaba sujeta a los maltratos propios del ambiente.

En el campo del video, también se hicieron diversos experimentos para la grabación de programas de TV en cinta magnética; sin embargo, por distintas dificultades tecnológicas y por su elevado costo, durante mucho tiempo estos aparatos estuvieron dedicados exclusivamente a grandes corporaciones teledifusoras. Fue hasta mediados de los 70, cuando dos compañías presentaron con pocos meses de diferencia, un par de sistemas que reunían las prestaciones y el precio adecuados para llevar a la videograbación a niveles de consumo masivo: el formato Betamax de Sony y el VHS de JVC (éste es el que prevalecería, al desplazar definitivamente al Betamax, que fue el primero en salir al mercado).

LA GRABACIÓN MAGNÉTICA

Desde hace muchos años se vienen descubriendo las propiedades electromagnéticas de ciertos materiales (se atribuye a los griegos el descubrimiento de la electricidad estática y de los primeros imanes naturales); sin embargo, fue en el siglo XIX, cuando el físico inglés, Michael Faraday descubrió la estrecha relación que existe entre la electricidad y el magnetismo.

Faraday descubrió que cuando se hace circular una corriente eléctrica a través de las espiras de una bobina de alambre, en su núcleo se forma un campo magnético cuya intensidad es proporcional a la corriente aplicada (figura 2A). También descubrió que si en una bobina se introduce un imán en constante movimiento (aplicando así un campo magnético variable), el campo induce en las espiras de la bobina un voltaje, es decir, en su salida se obtiene una señal eléctrica proporcional a la variación del campo magnético en su interior (figura 2B).

Por otra parte, existen materiales que tienen la propiedad de almacenar campos magnéticos por tiempo indefinido; es decir, si se aplica un campo magnético en dichos materiales, éstos quedan imantados en proporción a la intensidad del campo aplicado. Precisamente, combinando los fenómenos descubiertos por Faraday con los materiales susceptibles de imantación, es que se logra la grabación en cinta magnética.

Para llevar a cabo este proceso de grabación/reproducción, es necesario un dispositivo muy particular: una cabeza magnética. En la figura 3 se muestra la estructura de este elemento; puede apreciar que se trata de un toroide de material ferromagnético (una variedad especial de ferrita), rodeado por una bobina. En un punto de este toroide se ha introducido una discontinuidad no-magnética a la que se da el nombre de gap, y cuya función se muestra en la figura 4A.

Note que cuando comienza a circular una corriente a través de la bobina, se forma en el interior del toroide un campo magnético intenso, que trata de seguir una trayectoria circular; sin embargo, al llegar al gap, no puede seguir su camino en línea recta, por lo que el campo tiene que ***"brincar"*** la discontinuidad. Así, el campo magnético abandona por breve tiempo al toroide de ferrita y se transmite por el aire.

Si se coloca una cinta con material ferromagnético frente del gap, al aplicar corriente en la bobina, el campo magnético generado en el interior del toroide tiende a concentrarse en la cinta (figura 4B). De esta manera, es posible aplicar un campo muy concentrado en puntos específicos; y como el campo magnético generado es proporcional a la corriente que circula por la bobina, con este sencillo elemento se puede aplicar en la cinta una inducción de amplitud controlada, pasándola lentamente frente a la cabeza. Así, a lo largo de la

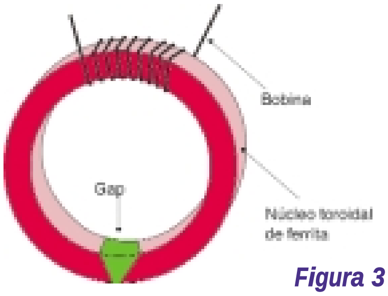


Figura 3

Figura 4

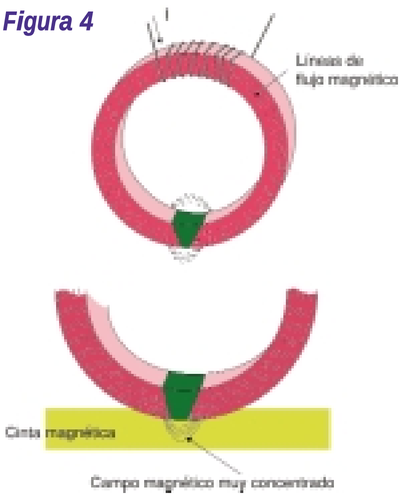
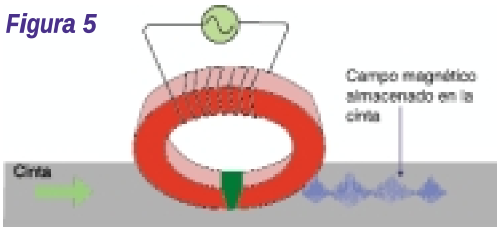


Figura 5



propia cinta se van almacenando campos de magnitud variable según la intensidad de la corriente eléctrica, que a su vez corresponde a una información específica (figura 5).

Para recuperar o dar lectura a la señal grabada en la cinta, se utiliza la misma cabeza magnética, pero ahora actúa como elemento receptor. En tal caso, se hace pasar frente a ella la cinta grabada, con lo que los campos magnéticos almacenados se transmiten hacia el núcleo de ferrita e inducen un voltaje en las espiras del bobinado. Ahora no se le aplica corriente alguna, sino al contrario, se coloca un monitor para captar el voltaje en la salida del bobinado. Como resultado, en la salida de la cabeza magnética se produce un voltaje proporcional a la intensidad del campo magnético almacenado en la cinta, el cual a su vez es proporcional a la corriente aplicada durante la grabación.

Grabación Lineal Contra Grabación Helicoidal

Lo que hemos descrito se aplica en las grabaciones de tipo lineal, es decir, donde la cinta corre frente a una cabeza magnética fija; en tal caso, la calidad de la grabación que se puede almacenar está estrechamente relacionada con dos factores: el ancho del gap y la velocidad con que la cinta transcurre frente a la cabeza.

Para la grabación de señales audio, el sistema de cabeza estacionaria es adecuado, ya que el ancho de banda de los sonidos que puede captar el oído humano se ubica en el rango de 20 a 20.000Hz; esto significa que una cabeza magnética con un gap de un tamaño mediano (unas cuantas micras) y una cinta corriendo a baja velocidad, es capaz de almacenar toda la banda sonora sin que se produzca pérdida aparente. Por ello, la calidad del audio que se consigue con los tradicionales casetes es satisfactoria para las aplicaciones de usuario.

Pero cuando se utiliza el mismo método para grabar señales de un ancho de banda muy amplio, como la de video compuesto (que va de 0 a 4,5MHz), surgen dificultades. En tal caso, se necesitarían gaps extremadamente pequeños (difíciles de producir) y velocidades de cinta muy elevadas, consumiendo grandes cantidades de cinta.

Como ambos factores son antieconómicos, los diseñadores tuvieron que desarrollar un nuevo método de grabación que permitiera almacenar señales de muy altas frecuencias, sin incurrir en estos inconvenientes. Fue así como se desarrolló el sistema de grabación helicoidal con cabezas rotatorias.

Este método se basa en un mecanismo con las siguientes características: las cabezas de grabación/reproducción se montan sobre un tambor rotatorio, el cual gira a alta velocidad. La cinta, a su vez, rodea al tambor en una trayectoria ligeramente inclinada, por lo que la información se graba en una serie de delgadas líneas (tracks o pistas) inclinadas sobre la superficie de la cinta (figura 6). De esta manera, aunque la cinta se mueve con una velocidad muy baja (unos cuantos centímetros por segundo), la velocidad relativa cabeza/cinta es lo suficientemente alta para poder grabar señales de muy alta frecuencia; típicamente, la velocidad relativa es de alrededor de 5 metros por segundo.

Para lograr una grabación continua de la información, es necesario que la cinta rodee por lo menos 180 grados la periferia del tambor, y como en este cilindro se montan por lo menos dos cabezas ubicadas en extremos opuestos, mientras pasa una cabeza grabando información, la otra estará pasando por la porción que no está rodeada de cinta, pero cuando la primera cabeza está a punto de abandonar la cinta, la cabeza contraria apenas estará entrando a la porción de cinta (figura 7).

El Formato VHS

Expliquemos ahora el formato VHS, enfatizando el aspecto de sus parámetros operacionales y sus dimensiones físicas.

En este formato se utiliza un tambor de cabezas con un diámetro de aproximadamente 6 cm, girando con una velocidad de 1800 RPM, es decir, el tambor da 30 vueltas por minuto. Una de las características principales del estándar NTSC (el que rige las transmisiones televisivas en la mayor parte de América, aunque en Argentina utilizamos el PAL), es que las imágenes de TV se forman con 60 campos entrelazados por segundo, o sea, 30 cuadros completos en el mismo lapso; por lo tanto, en cada revolución del tambor de cabezas, se graba un cuadro completo, un campo por cabeza. En PAL tenemos 50 campos y 25 cuadros.

Gracias a este arreglo, es posible que la transición inevitable que se forma cuando se hace la conmutación entre una cabeza y otra,

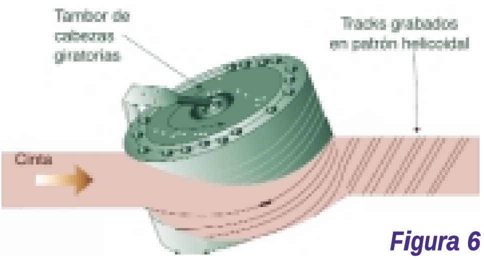

Tambor de cabezas giratorias
Tracks grabados en patrón helicoidal
Cinta

Figura 6

Cuando la cabeza 1 está apunto de abandonar la porción del tambor rodeada de cinta, la cabeza 2 apenas está entrando. De esta forma se consigue una grabación continua de señal.

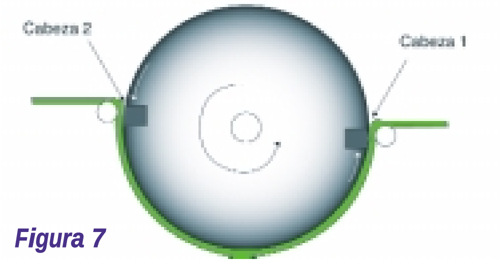


Figura 7

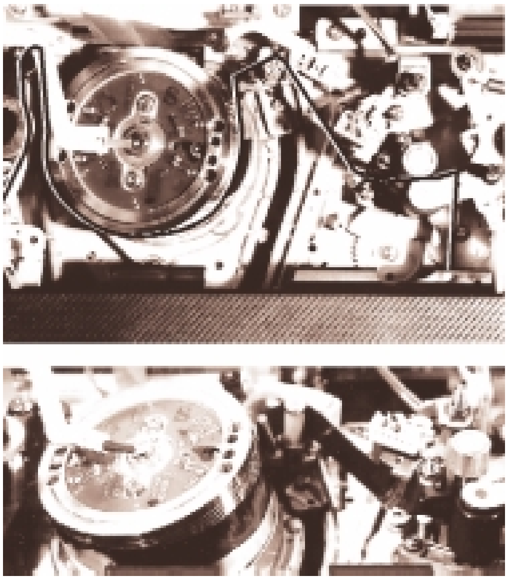


Figura 8

pueda ubicarse, por ejemplo, en las 16 líneas en blanco que aparecen después del pulso de sincronía vertical, presentando así al espectador una imagen siempre clara y nítida.

Y para conseguir que la cinta rodee poco más de la mitad de la periferia del tambor de cabezas, en el formato VHS se recurre a un enhebrado conocido como ***“tipo M”***, debido al trayecto que sigue la cinta una vez colocada en su posición correcta (figura 8). Para ello, el casete posee unas cavidades en donde entran sendos postes que, una vez detectado que está en su posición adecuada, extraen la cinta de forma automática, rodeando al tambor de cabezas y poniéndola en contacto con las cabezas de audio y control. Este procedimiento automático evita que el usuario tenga que manipular de forma directa la cinta, así garantiza mayor vida útil de las películas y una operación más confiable en general.

Figura 9

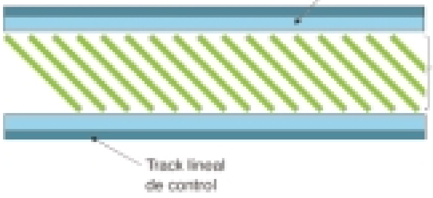
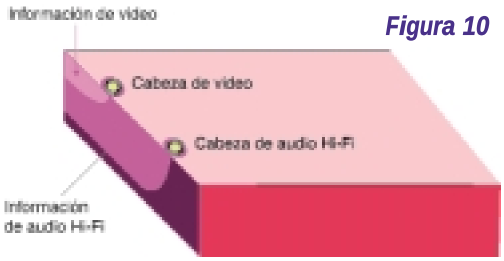


Figura 10



Grabación de Audio

La información de audio no se graba junto con la de video, sino que se almacena siguiendo el método tradicional (una cabeza fija) en un track lineal que se encuentra en la parte superior de la cinta (figura 9). Debido a este arreglo tan peculiar, y a la baja velocidad con que se desplaza la cinta magnética, el ancho de banda que se puede guardar en el formato VHS deja mucho que desear; alcanza un máximo de 15kHz en velocidad SP, la más alta, y cae drásticamente a menos de 10kHz cuando se graba en velocidad EP, la más lenta.

Para compensar este problema, se han diseñado métodos que permiten que la información de audio se grabe utilizando el mismo tambor de cabezas. Pero debido a que tanto el ancho de banda de la grabación en VHS como la superficie de la cinta ya estaban totalmente saturados, no quedó más remedio que idear un sistema completamente novedoso para conseguir estos objetivos; a este sistema se le conoce como ***“grabación con profundidad”.***

En este caso un par de cabezas de audio adicionales pasan antes de que se grabe el video y graban con mucha potencia la información de audio, de modo que penetre profundamente en el sustrato de partículas magnéticas. Inmediatamente después pasa la cabeza de grabación de video, y borra la grabación de audio que hay en la superficie, colocando ahí los datos de video, pero dejando intacta la grabación en lo más profundo de la cinta (figura 10).

Gracias a este procedimiento, y al uso de avanzadas técnicas que permiten evitar que ambas grabaciones se interfieran, se consigue la grabación de audio en alta fidelidad estéreo en formato VHS, sobrepasando las limitaciones de velocidad que tiene la grabación lineal de audio.

Grabación Azimuthal

La lentitud en el desplazamiento de la cinta, creó otro problema con el que tuvieron que enfrentarse los diseñadores del formato VHS. En el diseño original, cuando se grababa con la velocidad más alta, a pesar de la rapidez de desplazamiento de la cinta, los tracks permanecían los suficientemente separados entre sí (figura 11A), de modo que al leer la información, las cabezas podían posicionarse sobre su track respectivo sin que existiera ninguna interferencia de las pistas adyacentes. Sin embargo, cuando se utilizaron velocidades de grabación en alta densidad, se redujo a la mitad e incluso a una tercera parte la velocidad de desplazamiento de la cinta, con lo que los espacios entre tracks desaparecieron, llegándose a sobreponer ligeramente una pista sobre la otra (figura 11B y C).

Como en la lectura de la información no era posible separar de manera automática los datos del track correcto de los adyacentes, los diseñadores tuvieron que recurrir a un truco muy interesante para eliminar este crosstalk o información cruzada. En vez de utilizar las tradicionales cabezas magnéticas con un gap completamente vertical, se le dio una ligera inclinación

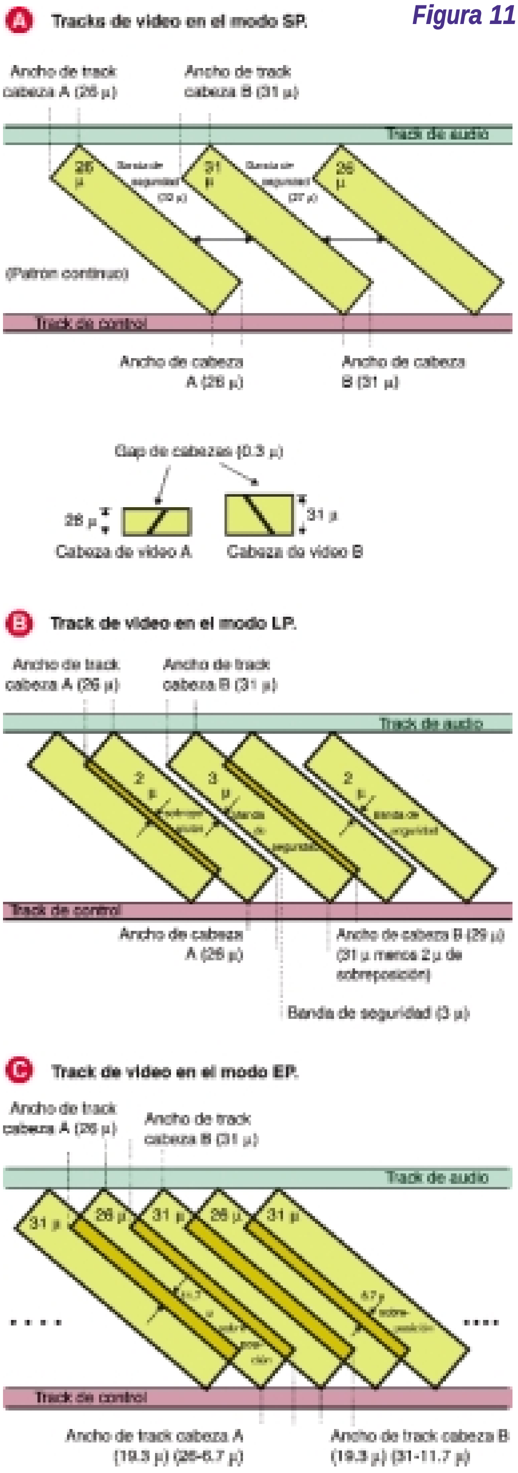

A
Tracks de video en el modo SP.
Ancho de track cabeza A (26 µ)
Ancho de track cabeza B (31 µ)
Track de audio
26 µ
31 µ
26 µ
(Patrón continuo)
Track de control
Ancho de cabeza A (26 µ)
Ancho de cabeza B (31 µ)
Gap de cabezas (0.3 µ)
26 µ
31 µ
Cabeza de video A
Cabeza de video B
B
Track de video en el modo LP.
Ancho de track cabeza A (26 µ)
Ancho de track cabeza B (31 µ)
Track de audio
Track de control
Ancho de cabeza A (26 µ)
Ancho de cabeza B (29 µ) (31 µ menos 2 µ de sobreposición)
Banda de seguridad (3 µ)
C
Track de video en el modo EP.
Ancho de track cabeza A (26 µ)
Ancho de track cabeza B (31 µ)
Track de audio
31 µ
26 µ
31 µ
26 µ
31 µ
Track de control
Ancho de track cabeza A (19.3 µ) (26-6.7 µ)
Ancho de track cabeza B (19.3 µ) (31-11.7 µ)

Figura 11

en un sentido para una de las cabezas y en el inverso para la otra (figuras 12).

Si usted se dedica al servicio electrónico, habrá notado que cuando a una grabadora se le manipula el azimuth, el audio va perdiendo sus altas frecuencias hasta que el sonido se escucha apagado; sin embargo, aún puede escucharse y reconocerse la melodía, debido a que este cambio de azimuth afecta principalmente las frecuencias altas, dejando intactas las inferiores. Una situación similar se presenta en la eliminación del crosstalk en el formato VHS.

Como la señal de video tiene un ancho de banda de 0 a 4,25 MHz, si se grabara tal cual en la cinta, el cambio de azimuth podría evitar el crosstalk en las altas frecuencias, pero no en las bajas; sin embargo, en el formato VHS la señal sufre una transformación antes de ser grabada, proceso que consiste en lo siguiente: primero se separan sus componentes de luminancia y croma, y una vez separados, a cada uno se le da un manejo especial. La luminancia se modula en frecuencia, de modo que pasa a ocupar exclusivamente una zona de altas frecuencias; por su parte, la crominancia se heterodina para disminuir su frecuencia de portadora, quedando el espectro de la señal grabada como se muestra en la figura 13. Pero como la luminancia se encuentra en una zona de alta frecuencia, la grabación azimuthal impide la información cruzada entre tracks adyacentes.

¿Pero qué sucede con la información de color?

Para ello se diseñó un sistema muy ingenioso de rotación de fase que, en pocas palabras, se basa en lo siguiente: la fase de la portadora de color va girando 90 grados cada línea horizontal, en un sentido para la cabeza A y en sentido contrario para la cabeza B; y una vez que se lee la información, por medio de una serie de sumas y restas se consigue eliminar prácticamente toda la interferencia de los tracks adyacentes (figura 14). Gracias a estos métodos, a pesar de que la información de video se encuentre traslapada en la cinta, la imagen en la pantalla sigue siendo clara y estable.

El Track de Control y los Servomecanismos

Veamos ahora otros aspectos del formato VHS. Anteriormente mencionamos que en la parte inferior de la cinta corre un track lineal que se utiliza para una señal de control.

¿Qué es esta señal y para qué sirve? La respuesta podemos iniciarla con otra pregunta:

¿Cómo “sabe” el aparato que las cabezas están leyendo el track correcto?

Para ello, es necesaria la presencia de una señal adicional que permita sincronizar el giro de las cabezas con el desplazamiento de la cinta; precisamente, dicha señal se graba en el track de control, y tiene un doble propósito: por un lado, indica al tambor de cabezas si su fase de giro es la correcta (esto es, que la cabeza A pase exactamente sobre el track A y lo mismo con la cabeza B); y por otro lado, permite al sistema determinar con qué velocidad fue grabada la cinta originalmente y, en consecuencia, a la velocidad que debe desplazarse la cinta frente a las cabezas rotatorias. Para llevar a cabo estas funciones, es necesaria la operación de complejos circuitos electrónicos que interactúan estrechamente

Figura 12

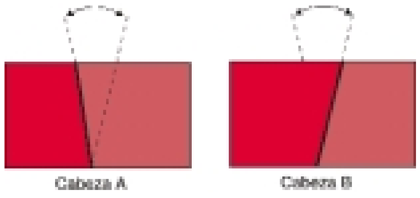
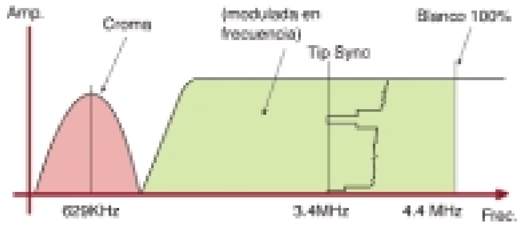

6°
6°
Cabeza A
Cabeza B

Figura 13



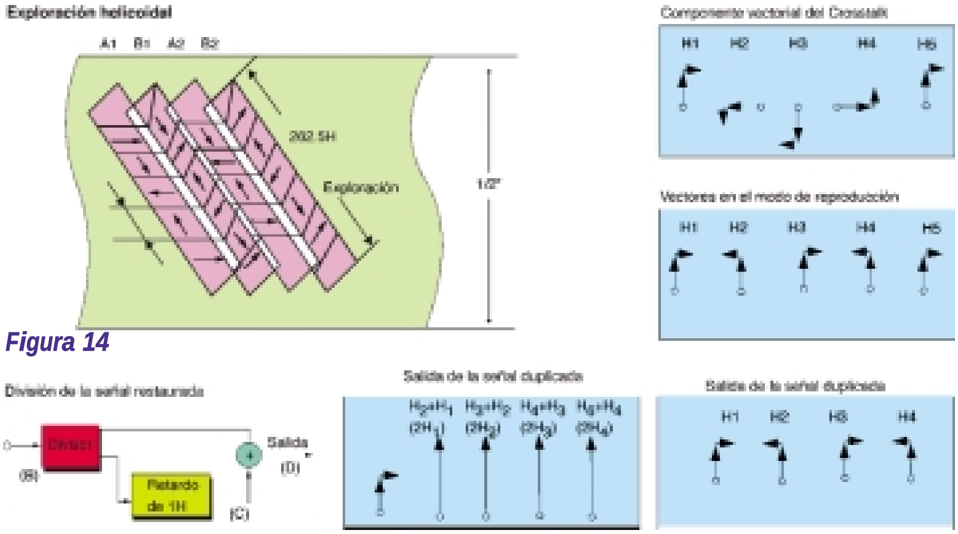


Figura 14

con un par de motores (de giro de cabezas y de desplazamiento de cinta). Esta combinación de circuitos electrónicos y motores da origen a un sistema de servomecanismos que, en el caso de los videograbadores son dos: de drum (tambor) y de caps-tan (cabrestante). La operación conjunta de ambos garantiza que la cinta se desplace siempre con la velocidad correcta y que las cabezas magnéticas lean la información que les corresponde (figura 15).

El Sistema de Control

Por supuesto que todos estos circuitos y mecanismos tan complejos no podrían funcionar sin la presencia de un ***"cerebro"*** central que los supervise; ésta es precisamente la función de un circuito digital de alta integración, conocido como microprocesador o microcomputadora.

Este elemento contiene una serie de circuitos lógicos que se encargan de monitorear un conjunto de variables externas, como la posición del casete, la velocidad de los motores, la activación o desactivación de bloques enteros del aparato, etc. Dicho circuito también se encarga de recibir las órdenes del usuario (ya sea que provengan del teclado o del control remoto) y, dependiendo de la instrucción recibida, de poner en operación los motores necesarios y los circuitos adecuados para que la videograbadora ejecute las órdenes del usuario. También se encarga de excitar el display externo o del despliegue de datos en pantalla, e inclusive permite programar el aparato para que se encienda automáticamente a determinada hora, grabe un programa en un cierto canal y, al concluir la grabación, se apague del mismo modo.

Como puede apreciar, las operaciones que lleva a cabo el sistema de control en un videograbador son muy variadas. Inclusive, en los últimos años se han integrado funciones de ***"autodiagnóstico"***; esto es, la máquina puede detectar cualquier error que aparezca durante la grabación o reproducción, y reportarlo al usuario por medio de un código en el display.

Algunas características de los Videograbadores Modernos

Un videograbador actual es mucho más sofisticada que los primeros modelos que se presentaron en 1975.

Manejo Remoto

Los primeros modelos de videograbadoras no incluían control remoto; a lo más que podía aspirar el usuario era un interruptor unido por un grueso cable al aparato. En la actualidad, el control remoto inalámbrico es parte fundamental de toda videograbadora; de hecho, ya existen en el mercado múltiples marcas que han reducido el teclado del panel frontal casi hasta su desaparición, de modo que todo el manejo del aparato debe hacerse forzosamente mediante dicha unidad.

Los modernos controles inalámbricos utilizan pulsos infrarrojos codificados digitalmente para dar las instrucciones a la videograbadora (figura 15); dichos pulsos tienen algunas características especiales para cada marca (o incluso modelo) de equipo, para no interferir la operación de otros aparatos cercanos.

Grabación no asistida

Debido al avance de las técnicas de control digital, en las videograbadoras se han podido incluir avanzados y poderosos microcontroladores como "cerebro". Gracias a ello, estas máquinas pueden ofrecer prestaciones inimaginables hace 20 años.

Por ejemplo, es posible programar la videograbadora para que al llegar determinada fecha y hora se encienda, sintonice un canal, pase al modo de grabación y, una vez transcurrido el tiempo del programa, se apague por sí misma.

Sistema de autodiagnóstico

Según explicamos en la edición anterior de esta revista, en las modernas videograbadoras ya comienza a incluirse un software que

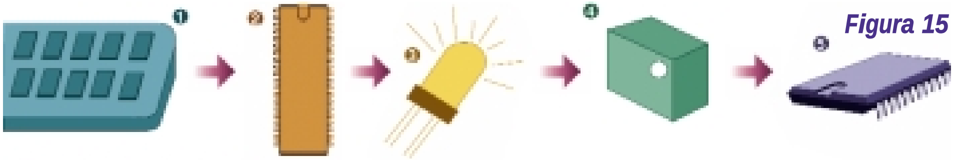


Figura 15

① El usuario presiona una tecla.
② El circuito dentro del remoto la identifica y expide una serie de pulsos codificados.
③ El LED transforma los pulsos en la luz infrarroja.
④ La luz es captada por el módulo receptor y convertida en pulsos
⑤ Los pulsos llegan al CPU del televisor, donde se identifica la orden y se ejecuta.

chequea la máquina durante el arranque y la operación normal del sistema; que además, por medio del display reporta las anomalías que llegaran a existir.

Múltiples velocidades de reproducción

Otra de las prestaciones que muchas videograbadoras modernas ofrecen, es la modalidad de reproducción en diversas velocidades, que van desde una "cámara rápida" hasta una "cámara lenta" o inclusive un avance cuadro por cuadro. Lo más interesante de esta función, es que dichos efectos se llevan a cabo prácticamente sin alguna interferencia apreciable en la imagen.

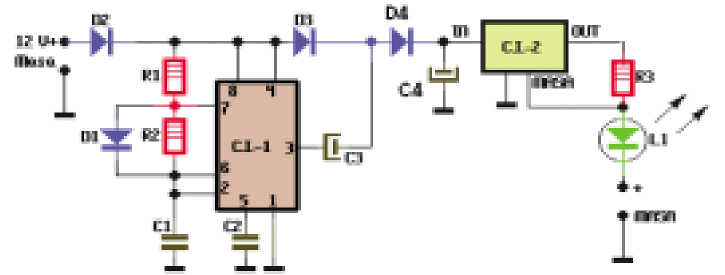
Conseguir esto, obligó a los fabricantes a la inclusión de sistemas con múltiples cabezas de video (Double-Azimuth 4-Head Video System), para que al momento de efectuar los efectos especiales se haga una rápida conmutación de cabezas, de modo que siempre lean su track respectivo.

Efectos digitales

Gracias a los avances en las tecnologías digitales, se han incluido ya circuitos para diversos efectos en la imagen, incluso en videograbadoras de precios relativamente bajos. Entre los principales efectos digitales podemos citar los siguientes: congelación de imagen; efectos mosaico, zoom, arte pictórico, solarización y estroboscopio; transición de secuencias; imagen en imagen (Picture-in-Picture); avance y retroceso "limpios" a distintas velocidades; etc.

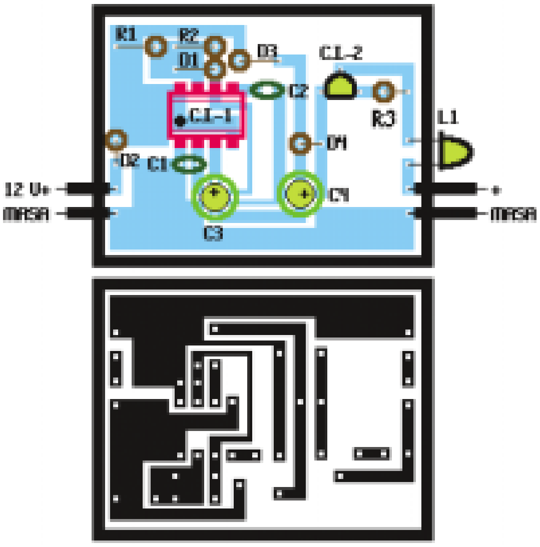
Sin entrar en detalles, conviene mencionar que estos efectos digitales se consiguen mediante la digitalización de la señal de video recibida y su almacenamiento temporal en una memoria, para ser manipulada por un microcontrolador exclusivo. ************************

Cargador Automático de Baterías



Lista de Materiales

CI1 - CA555 - Integrado temporizador
CI2 - 78L05 - regulador de tensión de tres terminales.
D1 a D4 - 1N4148 - Diodos de uso general
L1 - Led de 5 mm color rojo
R1 - 8k2
R2 - 10kΩ
R3 - 220Ω
C1, C2 - 0,01μF - capacitores cerámicos
C3, C4 - 2,2μF x 25V - Capacitores electrolíticos.



ENCICLOPEDIA VISUAL COLOR DE LA ELECTRONICA

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio Vallejo y Leopoldo Parra Reynada.

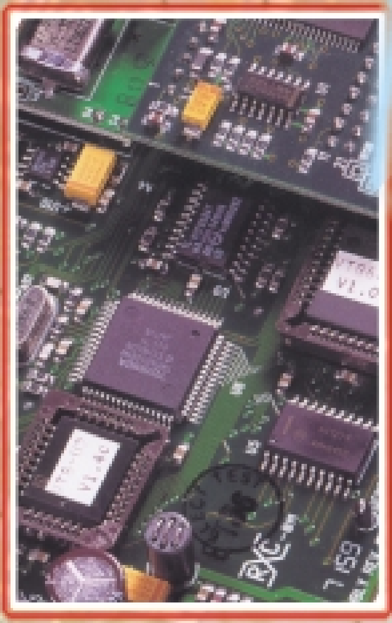
Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

Localización de Fallas en Etapas con

Microprocesadores

16

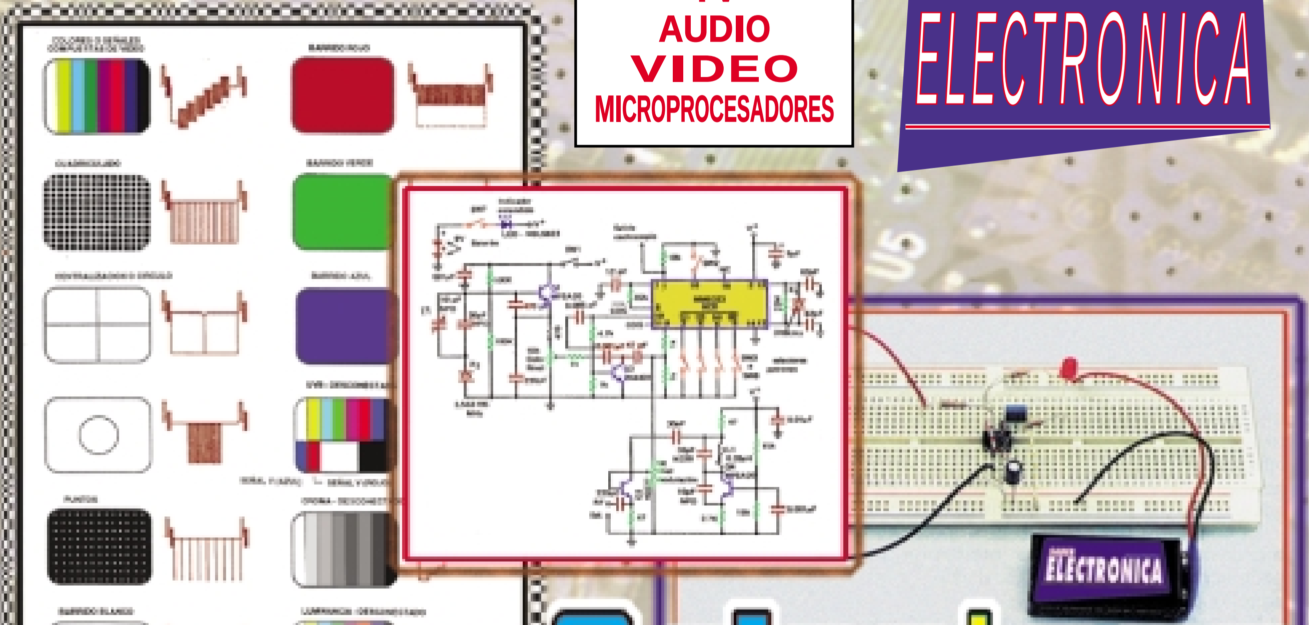
El Mundo de la Electrónica



La Televisión Digital

TV
AUDIO
VIDEO
MICROPROCESADORES

SABER
ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA


BARRIDO ROJO
CUADRICULADO
BARRIDO VERDE
BARRIDO AZUL
PUNTOS
BARRIDO BLANCO
SABER ELECTRONICA

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 16

LOCALIZACION DE FALLAS EN ETAPAS CON MICROPROCESADORES

Bloques básicos de control para los µP 244
Fuente de alimentación...................245
Diagnóstico de fallas en la fuente..245
El reset..246
Diagnóstico de fallas en el reset.....246
Reloj del µP.......................................246
Diagnóstico de fallas en el reloj......247

USOS DEL GENERADOR DE BARRAS DE TV COLOR

Usos en la salida de RF.....................249
Usos en la salida de FI.......................249
Usos en la salida de video 249
Usos en la salidas de sincronismo....249
Usos en el barrido entrelazado y progresivo...249
Funciones y prestaciones del generador 249

LA TELEVISION DIGITAL (DTV)

¿Qué es la televisión digital?...........252
Conversión analógico/digital..........252
Teorema de muestreo de Nyquist...253
Muestreo, cuantización y resolución 253
Codificación A/D 253
Recomendaciones CCIR-601 254
Compresión digital............................254
Reducción de datos..........................254
Tipos de compresión.........................255
Transformación 255
Transformación de coseno discreta (DCT)....................................255
Cuantización 255
Codificación......................................255
Método de codificación Huffman..255
Compresiones de audio...................255
Normas internacionales de televisión digital 256
Transmisión de TV progresiva y entrelazada....................................256
Formatos múltiples............................256
Comentarios finales 256

Cupón Nº 16
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 16

Localización de Fallas en Etapas con Microprocesadores

Los microprocesadores fueron introducidos al mundo de la electrónica en los inicios de la década del setenta. Desde esa época, hemos testificado la revolución del microprocesador. Virtualmente, todo producto electrónico vendido hoy en día tiene un microprocesador, por lo menos, que opera dentro de sus circuitos. Por esta razón, es muy importante que cualquier técnico en electrónica comprenda la manera básica de detectar los problemas en los microprocesadores. Desde luego, para lograr diagnosticar cualquier circuito, debemos entender cómo funciona un microprocesador. La pregunta más importante concerniente a su funcionamiento es: *¿cómo se diferencia un microprocesador de otros circuitos electrónicos?* La respuesta a esta pregunta se puede resumir de la siguiente manera: ***"Un microprocesador es un circuito electrónico programable"***. Antes de la aparición de los microprocesadores, todos los circuitos electrónicos eran diseñados para desempeñar una función específica; si se requería una función diferente, se tenía que diseñar un nuevo circuito.

Los microprocesadores están diseñados para desempeñar ciertos tipos de funciones. Para ello, el µP (como lo designaremos de aquí en adelante) debe estar "instruido" acerca de las funciones específicas que deberá desempeñar. Al acto de instrucción del µP se le llama PROGRAMACION.

Para cambiar la función de un µP, deben cargarse nuevas instrucciones dentro de él. Esto es mucho más fácil que rediseñar completamente un circuito y es la razón del porqué se han vuelto tan populares. Esta popularidad ha llevado a su producción masiva, lo que permite que el costo por unidad baje en forma importante.

Los µP pueden ser programados de diferentes manera. Por ejemplo, el µP de una computadora personal puede programarse tecleando las instrucciones en su tablero o usando medios de memorias tales como discos o cintas; el µP utilizado en los sistemas de control de los productos electrónicos de consumo general, tiene sus programas almacenados internamente en una memoria, etc.

Básicamente hay dos tipos de memoria: ROM y RAM. ROM son las siglas de Read Only Memory, que se puede traducir como "Memoria de Sólo Lectura" y su programa es permanente, es decir, no puede ser alterado; en tanto, RAM son las siglas de Random Access Memory y su programa puede ser fácilmente alterado. Cuando se aplica energía a un µP, lo primero que hace es "leer" su programa y después realizará lo que el propio programa le indicó. A esta acción se le llama ***"correr un programa".***

Cuando un µP corre un programa, sólo puede hacer una cosa a la vez. O sea, cuando desarrolla cierta tarea, no desarrollará otra hasta que la primera haya concluido. Una manera de ilustrar las características de un programa y cómo corre es examinando un programa típico.

Todos los eventos en un µP se van dando en serie en un orden exacto.

Si hay un defecto en un paso que evitara que el µP desarrolle alguna de sus tareas, el µP se detendrá en ese punto. Cualquier tarea desarrollada normalmente después de haber encontrado el defecto no se desarrollará y como el µP se ha parado, muchos técnicos piensan que está defectuoso. Debido a esto muchos µP son reemplazados, aunque en realidad están funcionando correctamente.

Es muy importante saber lo que el µP debe hacer y el orden para poder diagnosticar fallas, ya que muchas causas pueden producir síntomas que aparentan un µP defectuoso.

A los fines prácticos, y como una primera clasificación para nuestros propósitos, podemos decir que existen 3 tipos básicos de µP:

1) Genéricos
2) Dedicados
3) De uso específico

Los microprocesadores genéricos son los más versátiles y se encuentran frecuentemente en computadoras personales y en las grandes computadoras centrales.

De los tres tipos de µP, éstos requieren de la mayor programación, lo que les permite ser programados de diferentes maneras para diferentes aplicaciones. Su versatilidad los hace ideales para el uso en PCs, aunque la necesidad de programaciones muy extensas, limita su utilidad en ciertas aplicaciones.

Para que tenga una idea, los antiguos Z80, 6800, 8080 o los modernos Pentium son µP genéricos.

Los microprocesadores dedicados son utilizados más frecuentemente por los usos especiales en productos electrónicos de consumo general. Como su nombre lo indica, este tipo de µP es dedicado a desarrollar una función específica.

El µP del receptor SONY STR-AV250 receptor AM/FM es un buen ejemplo de un µP dedicado. El µP TMP27C21n-3115 es diseñado por TOSHIBA específicamente para controlar un receptor estéreo. Casi todo el programa está contenido en ROM; la única información contenida en RAM es el modo de selección y la memoria preajustable de estaciones.

Debido a que la mayoría de las programaciones son almacenadas en ROM, sería muy difícil, si no imposible, utilizar este tipo de µP para

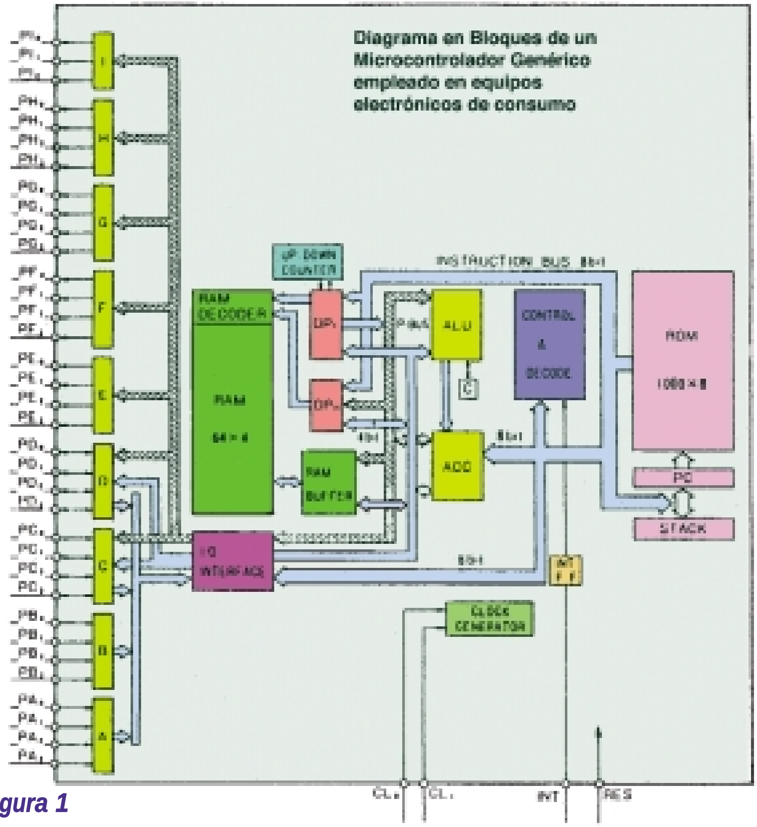


Diagrama en Bloques de un Microcontrolador Genérico empleado en equipos electrónicos de consumo
I
H
G
F
E
D
C
B
A
µP DOWN COUNTER
INSTRUCTION BUS 8bit
RAM DECODER
RAM 64 × 4
DP_L
DP_H
RAM BUFFER
ALU
C
CONTROL & DECODE
ROM 1080 × 8
ACC
8bit
4bit
PC
STACK
I/O INTERFACE
INT F F
CLOCK GENERATOR
CL₀
CL₁
INT
RES

Figura 1

otro propósito. Un fabricante de productos electrónicos de consumo general, por lo regular busca µP dedicados para el sistema de control de sus productos, debido a a su costo y fácil aplicación. Los µP dedicados son fabricados por diferentes corporaciones. De hecho, examinando el prefijo del número de identificación del circuito integrado, se puede determinar qué compañía lo fabricó. Muchos también tienen impreso el logotipo de la compañía en los circuitos integrados.

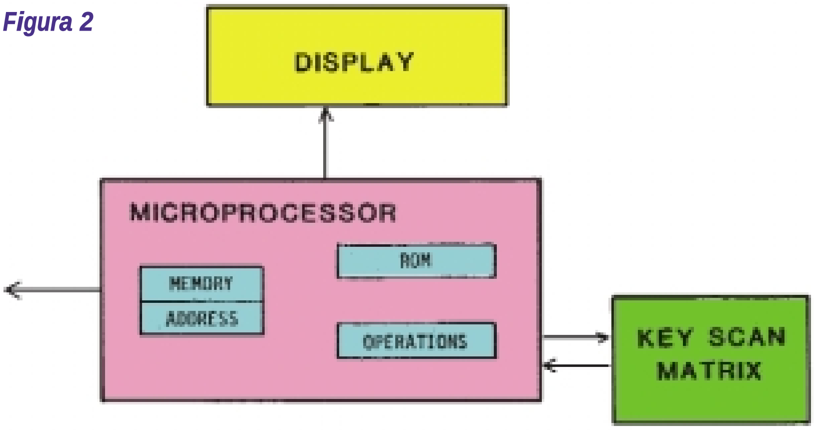
En la figura 1 se muestra el diagrama en bloques de un microprocesador típico dedicado.

Los µP fabricados por NEC empezaron con las letras UPD (UPD554), HITACHI utiliza el prefijo 40 (40614022F), TOSHIBA utiliza TMP (TMP4721N3115). Claro está que muchos fabricantes hacen sus propios µP y cada uno tiene su propia marca.

Los µP de uso específico son todavía más acotados en su aplicación que los µP dedicados. Generalmente son diseñados en modelos únicos o en un grupo de modelos y no son tan populares como aquéllos, debido a que son fabricados en pocas cantidades, lo cual eleva su costo.

Estos µP se encuentran con mayor frecuencia en aparatos de mayor calidad, los cuales requieren funciones muy especalizadas.

Figura 2


DISPLAY
MICROPROCESSOR
MEMORY
ADDRESS
ROM
OPERATIONS
KEY SCAN MATRIX

Conviene mencionar que el prefijo CX es utilizado en todos los circuitos integrados de SONY de uso específico, aunque no sea µP.

Ya hemos examinado en concepto cómo operan los µP, así como otras generalidades. Ahora necesitamos examinar algunos de los aspectos electrónicos del µP.

BLOQUES BÁSICOS DE CONTROL PARA LOS µP

Los circuitos de sistemas de control de uso doméstico basados en µP, lo utilizan como un interconector entre sus teclas de mando y los elementos controlados. Basado en el programa almacenado en ROM, el µP observa el funcionamiento de las teclas y ejecuta la secuencia de eventos de su programa cuando una de ellas es oprimida. Este, el µP, controla el indicador (display) y las operaciones del circuito, cambiando los niveles lógicos de sus salidas o transfiriendo la información a otros elementos (figura 2).

Como los µP son elementos binarios, lo que significa que desarrollan todas sus funciones manipulando los números 1 y 0, los diseñadores asignan una tensión para representar digitalmente el “1”, y otra para representar digitalmente el “0”. Si la tensión representada por el dígito 1 es más positiva que la tensión del dígito 0, entonces tenemos una lógica positiva.

Si la tensión representada por el dígito “0” es más positiva que la tensión indicadora del “1”, entonces tenemos una lógica negativa. Una vez que los niveles de tensión han sido asignados a los dígitos 1 y 0, todas las demás tensiones son poco importantes. Por ejemplo: si 5V es el nivel correspondiente al dígito 1 y 0V el asignado al dígito 0, entonces 2,5V, 3V, 6V, o cualquier otra tensión que no sea 5Vo 0V, no tienen significado y deberán ser evitadas.

La tensión asignada al dígito 1 es el nivel lógico del circuito. Por ejemplo: un circuito con tensión lógica 5 utilizará 5V como dígito 1 y 0V como dígito 0. Los niveles lógicos son extremadamente importantes para el µP, si dos µP necesitan comunicarse, ambos deberán reconocer el mismo tensión para dígito 1 y para dígito 0, o de otro modo no se podrán comunicar.

Para continuar con definiciones sencillas, digamos que “dato” es el término normalmente empleado para la información utilizada hacia o desde el µP. El dato está compuesto por “1” y “0” (unos y ceros). Puede ser una constante “1” ó “0”, que informa al µP de algunas condiciones relacionadas dentro de la unidad. El dato puede ser también una combinación de 1 y 0 utilizados por el µP para comunicarse con otro µP. Para comunicarse, el dato es armado en bloques llamados palabras.

Cada 1 ó 0 integrante de una palabra se denomina bit. Si dos µP se comunican utilizando palabras de 4 bits, deberá haber cuatro interconexiones separadas entre los dos µP (una para cada bit). Se dice que estos son datos en paralelo debido a que las líneas del dato están conectadas en paralelo. Pero el dato puede también ser transferido en una sola línea. En este caso, los bits individuales son transferidos uno a continuación del otro. Esto es llamado dato serie (Serial Data). Para los datos en serie, es necesario utilizar una señal de reloj, que indique dónde termina un bit e inicia otro. La transferencia de datos en serie es la manera más común utilizada para la comunicación entre µP.

Ahora bien, todos los componentes activos necesitan cierta cantidad de apoyo (denominado MUST-HAVES) en relación a sus funciones. Por ejemplo, un transistor necesita polarización para su base, colector y emisor, porque de otra manera no trabajaría. Si la polarización no es correcta, la salida será ruidosa y distorsionada. Análogamente, hay terminales "esenciales" en un µP; si falta la correspondiente tensión en alguno de ellos, el µP no funcionará. Una falla en los esenciales del µP puede causar salidas incorrectas en aquél.

Los apoyos de un µP son (figura 3):

** fuente de alimentación,*
** reinicio del programa (Reset) y*
** reloj (Clock).*

Todos los µP deben tener estas tres condiciones o no operararán. Cabe señalar que los µP son muy confiables; de ahí que, si un µP no está operando, se deberán chequear los apoyos antes de reponerlo.

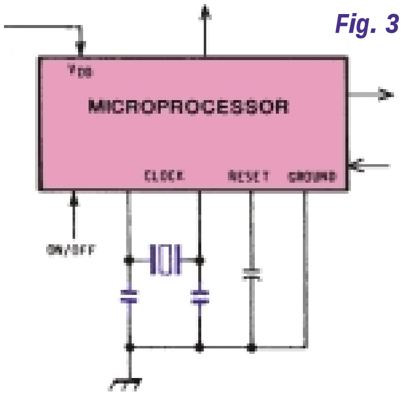


Fig. 3

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La fuente de alimentación del µP en la mayoría de los equipos de consumo general es de +5V de corriente continua (+5Vdc).

Sin embargo, suelen encontrarse fuentes de alimentación de +10Vdc, +12Vdc , aunque en esos casos también se utiliza +5Vdc. La fuente de alimentación para el µP en el receptor STR-AV240 se muestra en la figura 4. El conector 42 (Vdd) es la entrada; los conectores 21 y 30 proporcionan el regreso a tierra. Además de proveer energía a los circuitos del µP, la tensión de la fuente de alimentación también indica qué tensiones reconocerá el µP como dígito 1 y 0. Si la fuente de alimentación es +5Vdc, entonces +5Vdc es dígito “1” y 0Vdc es dígito ‘0” (tierra).

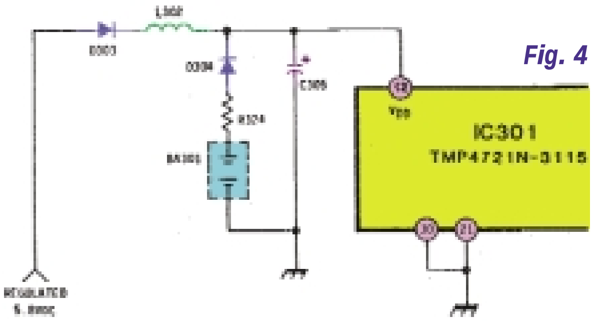


Fig. 4

El riple en la fuente de alimentación también es importante. Una alta cantidad de éste en la fuente de alimentación puede causar problemas inusuales. Estos problemas son el resultado de las alteraciones de los niveles de lógica con la misma frecuencia del riple, que puede ser altamente intermitente. Imagine qué pasaría a la salida de una compuesta AND si la fuente de alimentación está contenida por una gran cantidad de riple; cuando la fuente de alimentación está en su punto más bajo, un tensión bajo será reconocido como dígito 1 y la salida de la compuerta será también más baja que un dígito 1 normal. Si esta salida fuera la entrada a un µP cuya tensión de alimentación fuera normal, podría no ser reconocida y, como la sincronización de tiempo de las operaciones del µP no tienen relación con la sincronización de tiempo del riple, aparecerán problemas inesperados.

Cuando chequeamos la fuente de alimentación de las patas de la conexión del µP, una cantidad sustancial de ruido de alta frecuencia estará "encimada" en la alimentación. Esto es causado por la variedad de circuitos dentro del µP que se conectará y desconectará a la frecuencia del reloj. Un pequeño filtro resonando a la frecuencia del reloj evita que el ruido contamine el resto de la fuente de alimentación.

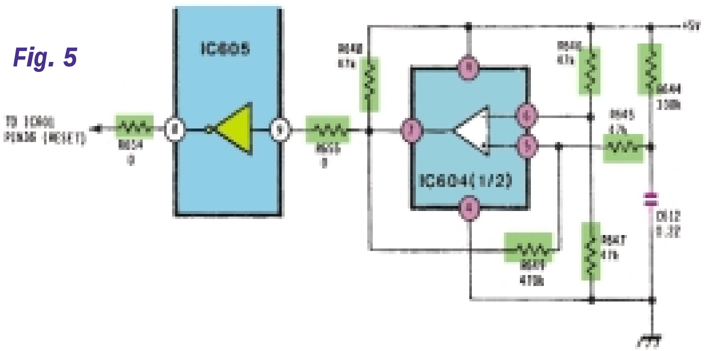


Fig. 5

Esta **"trampa de reloj"** se encuentra entre el conector de la fuente de alimentación del µP y el conducto que viene desde la propia fuente. La trampa de reloj en el receptor STR-AV240 consiste en C305 y L302 (vea la figura 4).

Diagnóstico de Fallas en la Fuente de Alimentación

Para chequear la fuente de alimentación del µP, siempre se necesitará un osciloscopio; ya que el riple no será claro cuando se utiliza un voltímetro común. También es una buena idea chequear la fuente de alimentación cuando el aparato esté encendido y mientras desarrolla algunas funciones. Problemas marginales en los circuitos de la fuente de alimentación pueden ocasionar que la tensión se caiga en condiciones de carga máxima.

El Reset

El reset es una instrucción especial praa el µP, que lo hace regresar al principio de sus programa. También registra circuitos de doble etapa (flip flop), etc., y evita que el µP funcione hasta que todas las fuentes de alimentación se vuelvan estables. En muchos casos, un µP que no haya sido **"reseteado"** no funcionará en absoluto; en otros casos puede empezar a funcionar a la mitad del programa y mostrar un comportamiento inusual o bien puede funcionar normalmente.

Un µP es reseteado aplicando un dígito 1 o un dígito 0 (depende de su diseño) a su conector Reset. El reseteo es comúnmente llevado a cabo por un circuito de retardo que mantendrá el conector de Reset alto o bajo por poco tiempo, hasta que la fuente de alimentación se estabilice.

En sistemas que utilizan más de un µP es común que uno tenga una salida de reset a los otros µP, de esta manera, el µP central se asegura que todos los demás µP salgan de Reset al mismo tiempo.

Diagnóstico de Fallas en el Reset

Es fácil observar el reset de un µP con un impulso fuerte y uso de un osciloscopio. El conector de Reset estará en estado bajo sin aplicar energía al operarlo; cuando se aplica energía se irá a "1" por poco tiempo y después regresará a "0". Es muy difícil observar un reset bajo.

El **"impulso"** de reset es resultado de que la fuente de alimentación se vaya a ***alto*** por una fracción de segundo antes de que el conector reset se vaya a ***alto***. Esta acción es prácticamente imposible de ver, ya que ocurre una vez y muy rápidamente, en cuanto se aplica energía. Si usted sospecha que hay un problema de reset, la manera más fácil de chequearlo es forzar el aparato en reset. Esto es comúnmente llamado el método de "cortocircuito total".

Para **"cortocircuitar"** el reset, localice el elemento sospechoso, (un capacitor) que provoca el mal funcionamiento del propio circuito de reset. Sin estar conectada la máquina, descargue el capacitor y conéctela enseguida. Una vez reestablecida la energía, quite rápidamente el corto circuito; si ahora el aparato funciona normalmente, ha localizado un problema de reset. Si el aparato no funciona normalmente, repita el procedimiento y verifique el conector de reset para confirmar que se activa al quitar el corto circuito. Si no se ve el disparo en el osciloscopio, definitivamente hay componentes defectuosos en el circuito de reset (figura 5).

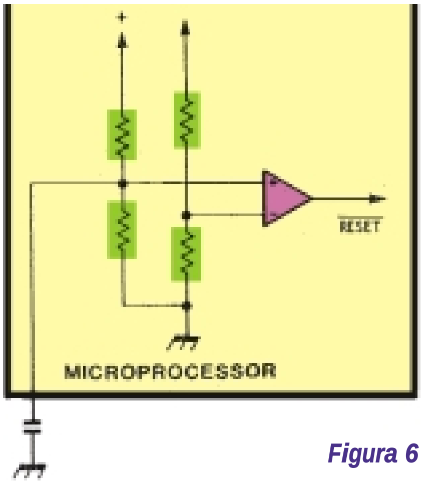


Figura 6

Después de identificar un problema de reset, no será difícil localizar el componente defectuoso; tenga mucha precaución al reponer algún componente que afecte la duración del impulso. Si el impulso de reset es muy corto, el µP puede no funcionar correctamente.

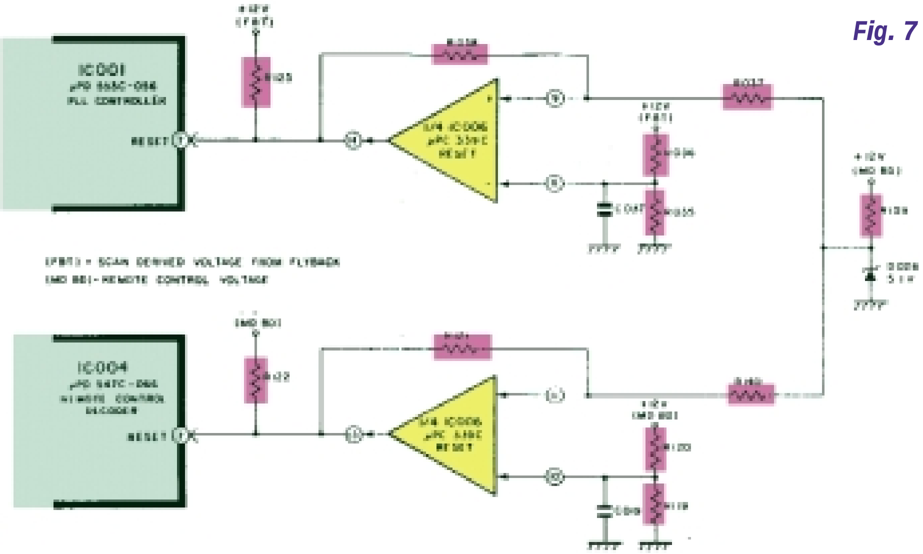
Vea en la figura 6 el circuito interno de un reset típico, en la figura 7 el circuito de reset del televisor Sony KV-2645R y en la figura 8.

Reloj del µP

El reloj es un oscilador de alta frecuencia que sincroniza el funcionamiento interno del µP. Es frecuentemente considerado como el **"corazón"** del µP, ya que si el reloj no trabaja, el µP estará muerto.

La mayoría de los µP tienen un circuito de reloj interno con conexiones exteriores para sus salidas y entradas de realimentación que controlan la frecuencia del propio

Fig. 7



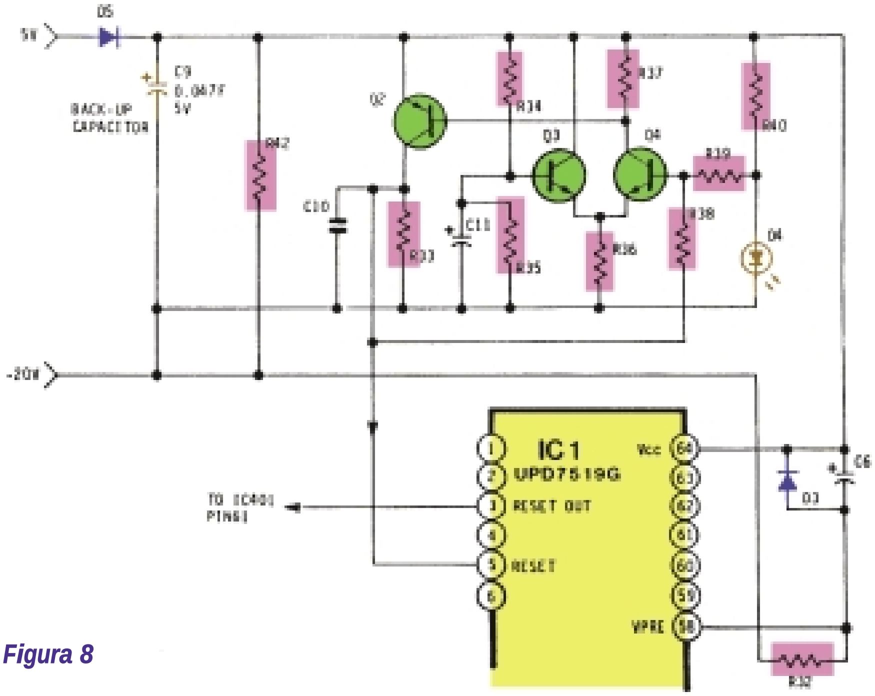


Figura 8

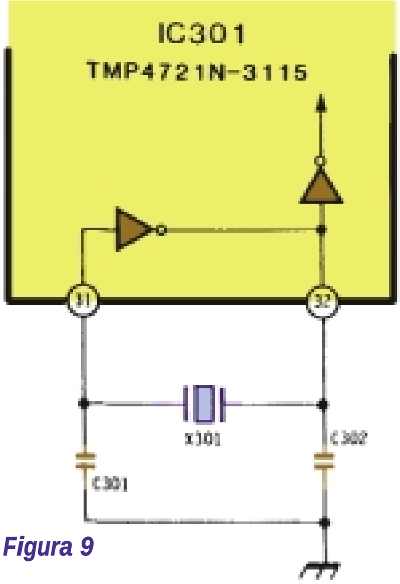


Figura 9

reloj. Si la frecuencia requerida es crítica, se utilizará un cristal (figura 9) en el circuito de realimentación; si no es crítica, se podrá utilizar un circuito LC (figura 10). En el circuito de reloj STR-AV240 (figura 9), el conector 32 de IC301 es la salida de reloj de conexión externa, el conector 30 es la entrada de realimentación y X301, C301 y C302 controlan la frecuencia del reloj.

DIAGNÓSTICO DE FALLAS EN EL RELOJ

La frecuencia y tensión de salida de pico a pico son los aspectos más importantes a considerar, cuando se desean localizar fallas atinentes al reloj de un µP. Si el reloj está operando a la frecuencia equivocada o tiene una salida que no oscila al tope de alimentación, hay dos problemas posibles:

1) Defectos dentro del circuito integrado.

2) Defectos en los componentes externos del reloj. De todos los componentes, el cristal es el menos confiable.

La mejor manera de chequear un cristal en mal estado, es sustituirlo; si no tenemos otro cristal en existencia, tenemos un dilema. Si mandamos pedir un cristal y el circuito integrado es el defectuoso, el cliente tendrá que esperar más tiempo del necesario. Si mandamos pedir ambas cosas y el circuito integrado funciona, el cliente tendrá que pagar más de lo necesario. Pero si tenemos una bobina de valor correcto, podemos sustituirla por el cristal y lograr que el reloj funcione. Sin embargo:

¿Dónde podemos encontrar la bobina correcta?

La bobina correcta está localizada en la trampa de reloj de la línea de la fuente de alimentación. Podemos quitarla y sustituir el cristal con ella; claro que tenemos que puentear temporalmente sus conexiones.

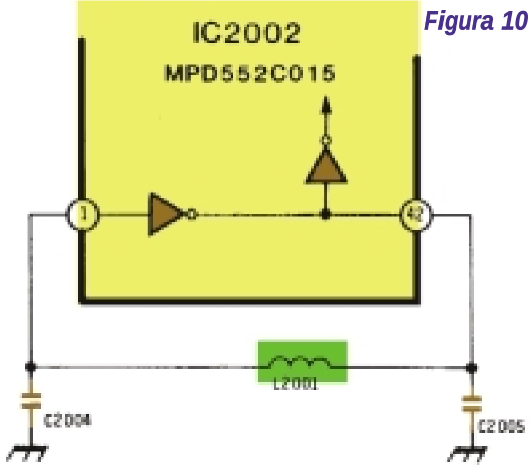
Ahora bien, como la bobina no es tan precisa como el cristal, la frecuencia del reloj puede estar ligeramente desajustada; debido a esto, es posible que el µP no pueda correr su programa. Sin embargo, mientras la frecuencia del reloj sea aproximada, asuma usted que las partes internas del circuito integrado están funcionando. También podemos utilizar un oscilador a flip-flop ajustado para la frecuencia correcta y sacar tensión para inyectar un reloj sustituto al conector de salida del reloj. Esto permitirá que el µP corra su programa; sin embargo, no indica con seguridad que el circuito integrado o el cristal no sean posibles generadores de problemas.

En conclusión, el µP no correrá si alguna de las señales correspondientes a lo que hemos denominado **“apoyos”** (fuente, reset y reloj) falta. Si encontramos un µP que no se activa, es más probable que haya un defecto en algunos de los circuitos de los apoyos que encontrar un defecto en el propio µP.

Si el µP sigue sin correr después de chequear todos estos elementos, sospeche entonces de aquél.

Antes de reponerlo, chequee posibles problemas con los componentes conectados a otros conectores del µP.

Figura 10



Construcción y Uso de un Generador de Barras

Podemos considerar el generador de barras como un instrumento que, a apartir de un oscilador principal, genera una serie de frecuencias y pulsos que formarán, posteriormente, la señal de video-compuesto donde se encontrarán las señales de luminancia y crominancia. También puede proporcionar la señal de video –compuesto modulando una portadora del canal 2, 3, 4 o más canales, para que pueda ser inyectada directamente en las entradas de la antena del televisor.

En los generadores de barras todavía más sofisticados encontraremos la salida como la portadora de FI (Frecuencia Intermediaria, de alrededor de 44MHz), función importantísima que será abordada más adelante.

En la figura 1 podemos observar los patrones que serán generados y las respectivas formas de onda que podrán observarse en el televisor después del detector de video (osciloscopio que deberá colocarse en 20 microsegundos, con una amplitud de entrada de 1Vpp).

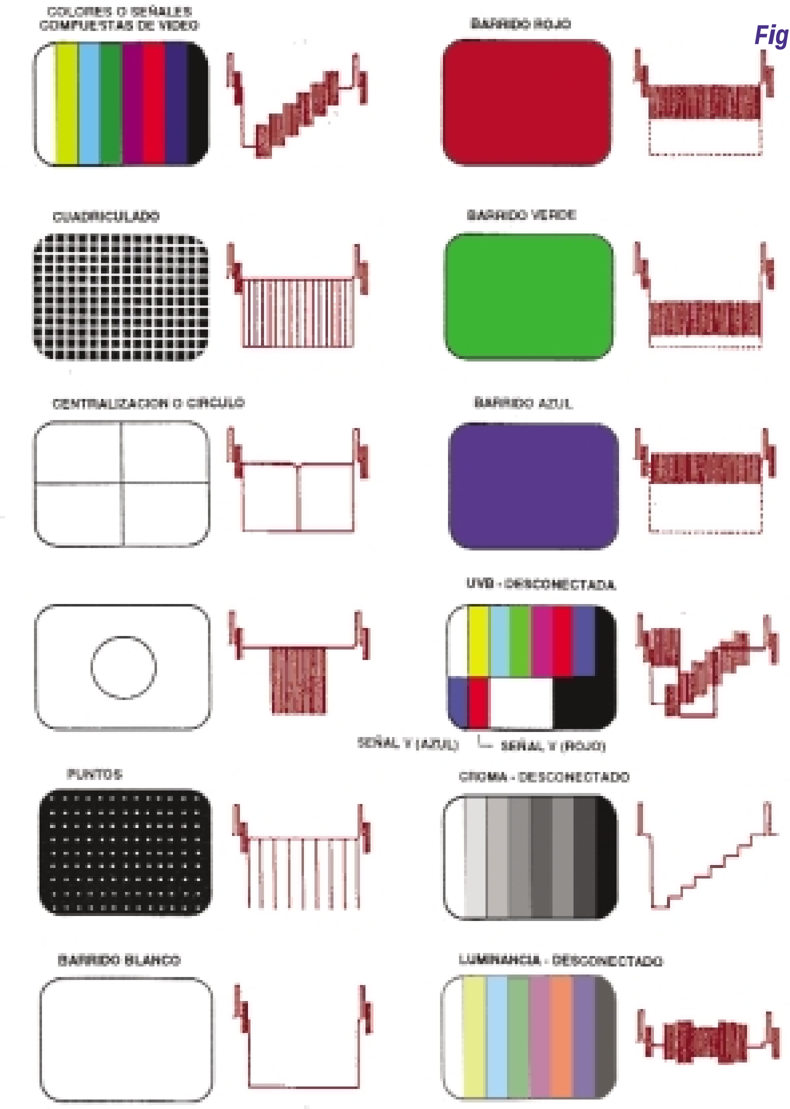


Fig. 1

El primer patrón mostrado (la llave UVB deberá estar presionada) es el que deberá utilizarse para la investigación de casi todos los defectos del televisor, y está formado por la escala de grises (ocho barras en total), llevando consigo las señales de diferencia de color moduladas en 3,58MHz. Estas barras deberán tener la siguiente distribución (desde izquierda a derecha): blanco, amarillo, cian, verde, magenta, rojo, azul y negro.

Con este patrón podremos observar casi todo el comportamiento del televisor, tales como brillo, contraste, balanceado del negro y blanco y matiz de colores.

Las cuadrículas o CROSS-HATCH sirven, principalmente, para lograr la convergencia (estática o dinámica), que busca hacer coincidir los tres haces, R (rojo), G (verde) y B (azul), en el mismo punto, con esto se obtiene el blanco.

Observen que las cuadrículas crean trazos horizontales y verticales bien finos, colocados sobre un fondo negro, así facilitan la visión de cualquier color que no esté coincidiendo con los demás.

Por otra parte, este patrón podrá utilizarse para la verificación de la linealidad horizontal y vertical, lo que significa, simplemente, que cada cuadrado deberá mantener el mismo largo en cualquier parte de la pantalla. Este patrón también permite la visualización rápida de un efecto llamado PIN-CUSHION, que no es más que la deformación natural que el haz de electrones sufre antes de llegar a la pantalla, lo que se caracteriza como un barrido en almohada. Prácticamente, todos los televisores están dotados de un pequeño circuito (formado básicamente por un transformador) que elimina el efecto ALMOHADA.

El círculo (o centralización), deberá ser utilizado cuando se desee centralizar la imagen, tanto en sentido horizontal como vertical (el círculo también permite la observación de la linealidad).

Los puntos podrán utilizarse cuando se desee hacer el ajuste de focalización del cinescopio, pues son puntos de pequeñas dimensiones colocados sobre un fondo negro, así se obtiene un gran contraste. Los puntos podrán también utilizarse para el ajuste de la convergencia estática (convergencia hecha solamente para el centro del cinescopio), siempre se opta por las cuadrículas para los ajustes en los ángulos del cinescopio (convergencia dinámica).

En la mayoría de los generadores de barras, las señales de barrido son formadas por una pantalla toda blanca, roja, verde o azul. Entre estos patrones podremos elegir el barrido ROJO para el ajuste de pureza y utilizar el azul o verde solamente para la verificacion final.

Ademas de esto, el patrón blanco podrá utilizarse para lo que llamamos equilibrio de blanco, donde actuamos en las polarizaciones del cinescopio, buscando obtener la misma excitación en los tres cañones (control de color en el mínimo). Este patrón todavía podrá utilizarse para la verificación del funcionamiento del modulador de FM del videocasete durante la grabación.

La observación de deficiencias en el circuito de la llave PAL o multivibrador biestable será mejor ejecutada con la utilización del barrido ROJO.

Los generadores poseen una serie de salidas, que tendrán innumerables aplicaciones diferentes, tal como mostramos a continuación:

1) Salida de RF: podemos decir que es la salida más utilizada, pues la misma lleva la frecuencia de portadora a algún canal y el generador puede conectarse directamente a la antena del televisor, sin necesidad de apertura del mismo. Todos los patrones mencionados precedentemente están presentes con la portadora respectiva, que podrá ser elegida por intermedio de una o más llaves.

Damos a continuación una serie de consideraciones sobre las diferentes características que puede reunir un generador:

Salida de alrededor de 10mV (algunas poseen ajuste de nivel de esta salida).
Impedancia de salida: 75Ω
Sistema de modulación: AM negativo.
Impedancia normal para la entrada del televisor: 300Ω.

Algunos generadores también poseen una portadora de sonido con frecuencia de 4,5MHz por encima de la frecuencia del canal elegido. Como ejemplo podemos citar el canal 2 (55,25MHz de portadora de video, que tendrá una portadora de sonido con 4,5MHz por encima de la frecuencia de portadora de video, que resulta en 59,75MHz. La señal de audio modulante podrá poseer la frecuencia de 400Hz o 1kHz.

2) Salida de FI: a pesar de considerarse una salida de RF, difiere de las anteriores por ser una portadora específica de canal, que sirve para ser inyectada internamente en el televisor (etapa de F1).

Frecuencia de la portadora de F1 de video: 45,75MHz.

3) Salida de video: esta salida será muy útil para pruebas en el amplificador de luminancia del televisor y, en caso de presupuesto, con la misma se puede verificar todo el funcionamiento de las etapas de luminancia, sincronismos y crominancia, aunque las etapas del sector y F1 estén inoperantes. Esta salida también será útil para investigaciones en videocasetes y, principalmente su utilización será fundamental en la grabación de cintas de PATRON PAL-N en videos nacionales o transcodificados y cintas PATRON NTSC, en videocasetes que no estén transcodificados (en este caso, el generador deberá poseer la codificación original NTSC).

Tensión de salida: 1,5Vpp (existe un ajuste de nivel en algunos generadores).
Impedancia de salida: 75Ω
Sincronismo: negativo (patrón mundial).

4) Salidas de sincronismo: señales que tendrán la frecuencia específica del horizontal o vertical (según la selección hecha en el panel del generador).

Deberá utilizarse para verificaciones de sincronismo vertical u horizontal del televisor y principalmente conseguir (trigger) del osciloscopio, tanto en el tiempo horizontal como en el vertical.

Frecuencia horizontal de salida: alrededor de 15.625Hz y/o15.725Hz.
Frec. vertical de salida: 50Hz o 60Hz.
Impedancia de salida: 75Ω
Tensión de salida máxima: alrededor de 1Vpp.

5) Barrido entrelazado y progresivo: algunos generadores también traen la opción por una alteración en el tiempo de barrido vertical, llamado NORMAL y AVANZADO. En el barrido normal o entrelazado existe un trabajo simultáneo entre el circuito vertical y el horizontal, de manera que el haz de electrones se desplaza en sentido horizontal pero, al mismo tiempo, sufre la influencia del vertical que lo va desplazando lentamente hacia abajo. En televisión se da el nombre de CUADRO a la imagen completa formada por el entrelazado de dos campos, pero para que esto ocurra será necesario que, en el primer campo, el haz de electrones comience en el ángulo superior izquierdo de la pantalla y termine en el lado de abajo, pero EN EL MEDIO DEL BARRIDO HORIZONTAL. Así, el haz volverá en un período de tiempo específico y comenzará un nuevo campo del lado de arriba EN EL MEDIO DEL BARRIDO HORIZONTAL, así volverá posible el entrelazado de los dos barridos verticales. El término de este segundo campo se dará en el ángulo izquierdo inferior, completando toda la información de la escena. Para el BARRIDO PROGRESIVO se disminuye el tiempo de barrido vertical, así evita que el vertical vuelva en la mitad de la línea horizontal, de esta forma se consigue sobreponer todos los campos. Terminamos así con la descripción de un generador de barras útil para la reparación, verificación y ajuste tanto de televisores como de videocaseteras.

FUNCIONES Y PRESTACIONES DE UN GENERADOR DE BARRAS

Un generador de señales moduladas en las normas NTSC es, en la actualidad, casi una necesidad para poder atender en forma racional y eficaz el servicio técnico de equipos provistos de esta norma, como televisores, videograba-

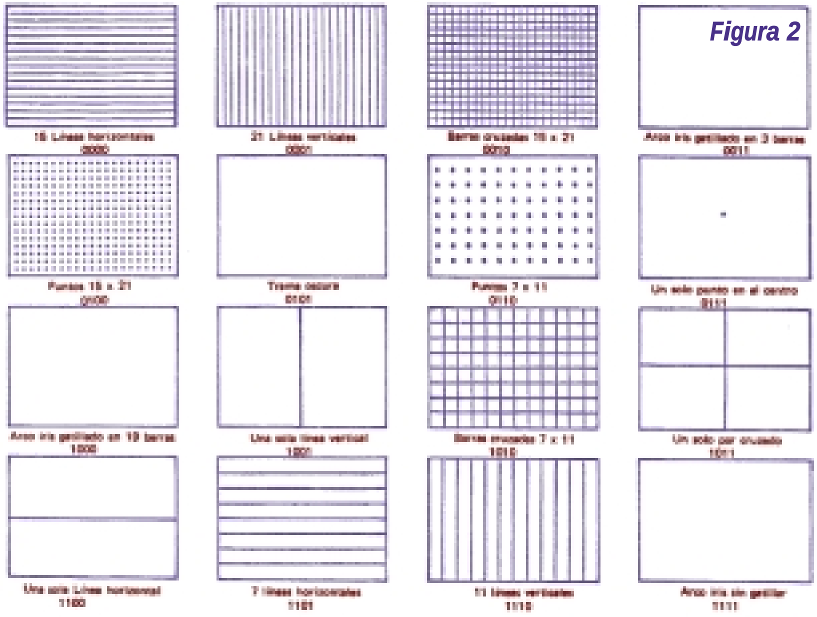

15 Líneas horizontales
0000
21 Líneas verticales
0001
Barras cruzadas 15 x 21
0010
Arco iris gatillado en 3 barras
0011
Puntos 15 x 21
0100
Trama oscura
0101
Puntos 7 x 11
0110
Un solo punto en el centro
0111
Arco iris gatillado en 10 barras
1000
Una sola línea vertical
1001
Barras cruzadas 7 x 11
1010
Un sólo par cruzado
1011
Una sola Línea horizontal
1100
7 líneas horizontales
1101
11 líneas verticales
1110
Arco iris sin gatillar
1111

Figura 2

dores, cámaras de video y reproductores de discos láser, para nombrar sólo los más frecuentes. Incluso, una evaluación cualitativa de estos equipos por un usuario avanzado y con conocimientos técnicos, se ve favorecida por la presencia de un generador de este tipo.

El tamaño reducido de su transporte y su alimentación por medio de dos baterías de 9 volt, hacen también de este intrumento, un importante complemento para el servicio técnico, aficionado y experimentador.

Entre las prestaciones de este generador de colores NTSC no figuran solamente las señales de color de esta norma NTSC-M, sino también figuras geométricas y otras señales importantes para el service de todo equipo, incluso de televisores en blanco y negro.

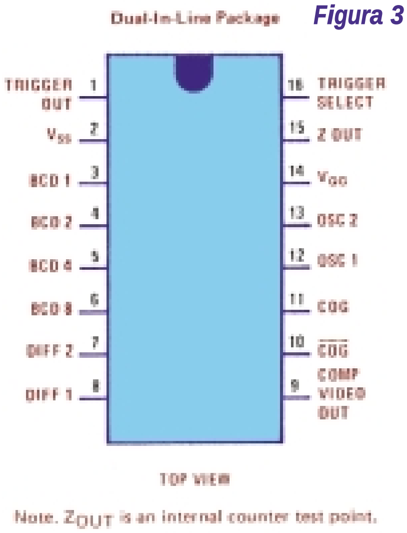
A pesar de su complejidad técnica, la construcción de este generador es factible con requisitos muy modestos, debido al empleo de un circuito integrado monolítico tipo MM5322 (¨MOS-LSI¨), construido en tecnología MOS de canal P y fabricado por National Semiconductor. El citado circuito integrado existe en el mercado desde hace varios años y ha intervenido en el diseño de numerosos generadores comerciales, por ejemplo, en el del generador de barras de color modelo 72-865 de la marca Tenma y, también, en el modelo SG5240 de Heathkit, que se ofrece como instrumento terminado con este número de modelo o como kit para armar con el número IG5240. También, otras marcas fabrican modelos similares, generalmente basados en el integrado MM5322 o en uno de sus reemplazantes. Queremos aclarar que la provisión de circuitos integrados en el mercado argentino no es siempre constante pero algunas empresas del ramo pueden, seguramente, conseguir el mismo o uno de sus sustitutos en el mercado internacional.

En la figura 2 observamos los 16 patrones de prueba que se pueden generar por medio del integrado MM5322. Cada uno de estos patrones se caracteriza por un número binario de las cuatro salidas digitales de este integrado. Los números abarcan del 0000 al 1111 por medio de simples interruptores unipolares que habilitan las cuatro salidas BCD (Binary Coded Decimal = decimal con codificación binaria). Estos terminales poseen los valores 1, 2, 4 y 8 (20, 21, 22 y 22). La activación de estos interruptores selecciona, entonces, los patrones de acuerdo al código indicado en la figura 2. Obsérvese que las posiciones 0000, 0001, 0010, 0100, 0110, 0111, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101 y 1110, son aptos especialmente para aplicaciones en ajustes geométricos y, por ende, pueden utilizarse tanto en TV-Color como en blanco y negro.

En la figura 3 vemos el aspecto de la base del MM5322 con la designación de cada una de sus 16 patitas. Las patitas 1 y 16 corresponden al circuito disparador interno (trigger). La conexión externa de la patita 1 sólo se usa cuando la señal de salida del generador es aplicada en forma directa o indirecta a un osciloscopio, usándose, en este caso, el pulso del disparador para la sincronización del osciloscopio.

La pata 2 es Vss, la tensión de la fuente de +12 a +19 volt. Las patitas 3, 4, 5 y 6 corresponden a los selectores de patrón con sus valores de 1, 2, 4 y 8. Las patas 7 y 8 corresponden a un diferenciador interno, que permite variar el ancho de las líneas verticales de los diferentes patrones que las tienen (0001, 0010, 1001, 1010, 1011 y 1110). En este caso se utiliza, en lugar del resistor de 82kΩ, un resistor de 27kΩ en serie con un pequeño preset de 100kΩ. La pata 9 corresponde a la salida de la señal de video compuesta y se aplica al modulador o, eventualmente, a una salida de video externa. En algunos modelos comerciales, esta salida está prevista, pero no en todos. En el modelo 72-865 de Tenma existe con un nivel regulable de 1 volt cresta a cresta y con polaridad negativa del sincronismo, de acuerdo a las normas NTSC-M. Las patas 10 y 11 corresponden a la salida de control de la compuerta de color COG (Control Output Gate). Las salidas COG y -COG son del tipo push-pull. La pata 10 provee una señal invertida (negativa) y la pata 11 una señal no invertida (positiva). Las patas 12 y 13 corresponden al oscilador local del clock de 378kHz. En esta función se utiliza, general-

Figura 3


Dual-In-Line Package
TRIGGER OUT 1
V_{SS} 2
BCD 1 3
BCD 2 4
BCD 4 5
BCD 8 6
DIFF 2 7
DIFF 1 8
16 TRIGGER SELECT
15 Z OUT
14 V_{GG}
13 OSC 2
12 OSC 1
11 COG
10 $\overline{COG}$
9 COMP VIDEO OUT
TOP VIEW
Note. Z_{OUT} is an internal counter test point.

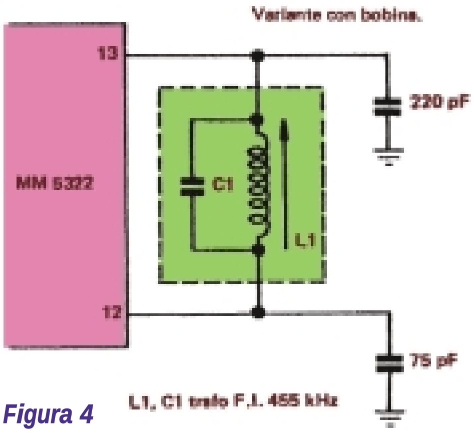

Variante con bobina.
13
12
MM 5322
C1
L1
220 pF
75 pF
L1, C1 trafo F.I. 455 kHz

Figura 4

mente, un resonador de cerámica de 378kHz, pero una alternativa aceptable sería el circuito de la figura 4, que usa una combinación L-C en reemplazo del resonador. En este caso, se emplea una bobina de F.I. de radio de 455kHz. La pata 14 es masa (-18 volt) y la pata 15 corresponde a una conexión interna que en el uso normal se deja sin conexión.

El régimen de trabajo normal del MM5322 es de una tensión Vss en la pata 2 de +12 hasta +19 volt, y de 0 volt en Vgg (pata 14). En estas condiciones y a una temperatura ambiente de 25 grados centígrados y a una frecuencia del clock de 378kHz, el consumo máximo es de 30mA. La amplitud de la señal de video de salida es de 2 a 4mA con un resistor de 2kΩ a Vgg.

En el diseño interno del chip del MM5322 se ha procurado proveer secciones separadas para el oscilador interno controlado a cristal, para lograr los valores normalizados de sincronización y temporización de todas las componentes de la señal de TV en blanco y negro y en color, de acuerdo a las tolerancias de las normas especificadas. La señal de color del MM5322 es del tipo de arco iris. Como se sabe, esta señal se produce por batido entre el oscilador de crominancia del televisor de 3,579545MHz y el oscilador del generador de 3,563795MHz. Este batido produce, en la pantalla del televisor, una señal de, exactamente, 15750Hz, que equivale a un ciclo horizontal.

Este ciclo horizontal produce en la pantalla todos los colores del arco iris en la secuencia del mismo (amarillo, naranja, rojo, violeta, azul, turquesa y verde). La posición angular de estos colores hace que una parte del amarillo y verde caigan en el período del borrado horizontal, quedando invisibles. Esta secuencia cromática sigue, por lo tanto, rigurosamente el orden angular, a diferencia de otros tipos de barras de color donde se sigue una secuencia de amplitudes de crominancia (amarillo, turquesa, verde, violeta, rojo y azul) de acuerdo a la amplitud de cada uno de estos colores (89%, 70%, 59%, 41%, 30% y 11%). La generación del arco iris resulta mucho más sencilla para las señales NTSC y no sería factible en el sistema PAL.

De todos modos, este tipo de generador cumple sus funciones adecuadamente para los fines propuestos y permite la inclusión de todo el generador en un solo circuito integrado.

El circuito completo del generador con MM5322 surge de la figura 5 y en la figura 6 se da el esquema de circuito impreso. Se observa una subdivisión del circuito en las siguientes secciones: el generador de funciones con el circuito integrado MM5322, el sector de radiofrecuencia con el transistor Q3, el oscilador de crominancia con el transistor Q1 y una fuente de alimentación.

Al encender el equipo con la llave SW7 se aplica tensión sólo al bloque de generador de funciones y a la sección de RF. Para activar también el sector de color es necesario encender la llave SW1. Esta precaución reduce eventuales interferencias indeseadas. Con respecto al material utilizado quedan, prácticamente, sólo como variables, los tres transistores mencionados. El transistor Q1 es del tipo NPN de silicio con una frecuencia máxima de 300MHz y un factor hfe = 200. Su cápsula es de plástico. El valor recomendado es el MPSA20 o su reemplazante el ECG123AP. El transistor Q2 es de características similares y, si bien se recomienda el 2N4401, puede utilizarse también el ECG123AP como sustituto aceptable. El Q3 es del tipo de alta frecuencia, NPN de silicio con una frecuencia máxima de 800MHz y un factor hfe = 60. El tipo recomendado es el 40237 y su reemplazo puede ser el tipo ECG161, encapsulado en cápsula de metal. Q4 es igual a Q1. El resonador de cerámica de 378kHz puede reemplazarse por el circuito de la figura 4, ya mencio-

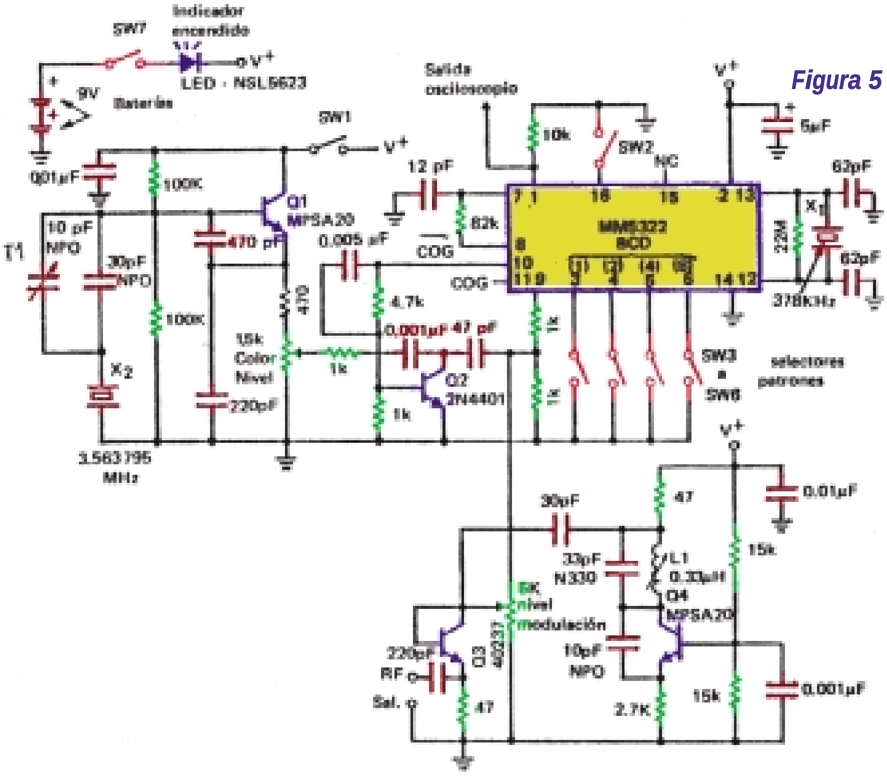

Indicador encendido
SW7
LED - NSL5623
V+
9V
Baterías
SW1
V+
.001µF
100K
Q1
MPSA20
10 pF NPO
T1
30pF NPO
470 pF
100K
470
1,5k Color Nivel
1k
220pF
X2
3.563795 MHz
Salida osciloscopio
10k
SW2
NC
V+
5µF
12 pF
82k
0.005 µF
COG
COG
4.7k
0.001µF
47 pF
Q2
2N4401
1k
MM5322 BCD
7 1
16
15
2 13
8
10
11 9
3
4
5
6
14 12
22M
X1
62pF
62pF
378KHz
1k
1k
SW3 a SW6
selectores patrones
V+
47
0.01µF
30pF
33pF N330
L1 0.33µH
Q4 MPSA20
15k
5K nivel modulación
Q3 40237
220pF
RF
Sal.
47
10pF NPO
2.7K
15k
0.001µF

Figura 5

nado. El valor del cristal de 3,563795MHz es crítico y, posiblemente, sea necesario encargarlo a alguno de los varios fabricantes de cristales de plaza. Las llaves del SW1 al SW7 son todas del tipo unipolar y se pueden usar a voluntad, tanto como llaves a palanca o corredizas. A veces, puede convenir utilizar una configuración distinta entre los interruptores SW3 al SW6 y los SW1, SW2 y SW7.

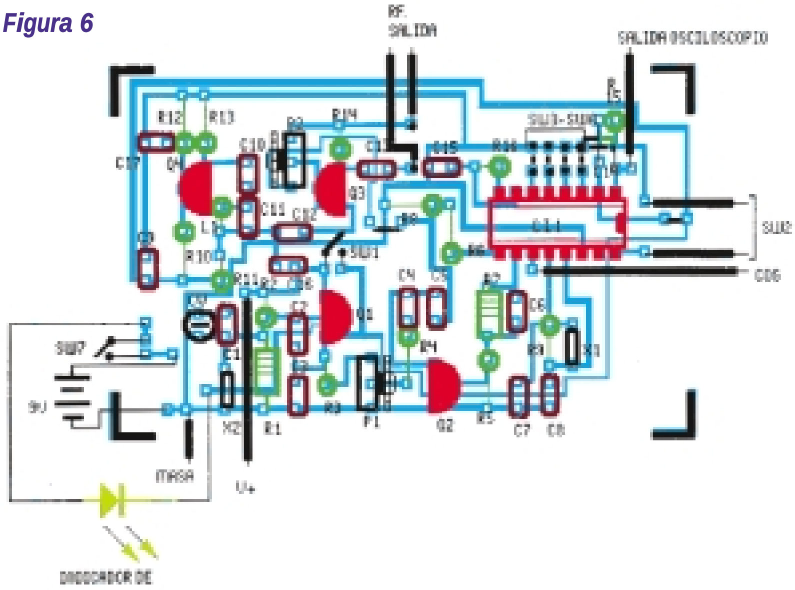
La obtención de la frecuencia del canal de emisión se logra mediante una pequeña bobina de 4 ó 5 espiras, el ajuste exacto se efectúa por medio de estas espiras, al acercarlas o alejarlas.

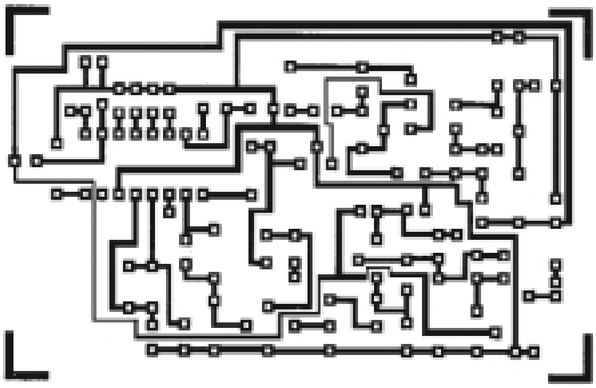
El montaje es sencillo y debe realizarse con el debido cuidado en equipos de alta frecuencia.

El tipo y material del gabinete queda librado al criterio del armador. Los modelos comerciales vienen, indistintamente, en gabinetes de plástico o de metal. Recuerde que debe dejar lugar para las dos baterías.

El ajuste del generador terminado es sencillo y, a menudo, sólo requiere un retoque del trimmer T1 para lograr una imagen estable en colores, y la radiofrecuencia en canal 3 ó 4, por medio de la bobina.

Figura 6





La Televisión Digital

¿QUÉ ES LA TELEVISIÓN DIGITAL?

La televisión con tecnología digital se basa en la conversión de una señal de TV convencional (que es 100% analógica) en una secuencia de bits, cuyos estados (0 y 1) son las unidades mínimas de información con que trabajan todas las computadoras y los sistemas lógicos.

Esta conversión tiene diversos aspectos que conviene tomar en cuenta, entre los que destaca el siguiente: desde que comenzaron a utilizarse las técnicas digitales, los investigadores advirtieron que una conversión directa de la señal de TV en formato digital requería un ancho de banda realmente prohibitivo, que implicaría la desaparición de una gran cantidad de canales de TV o el uso de bandas de frecuencias que aún no hubieran sido explotadas.

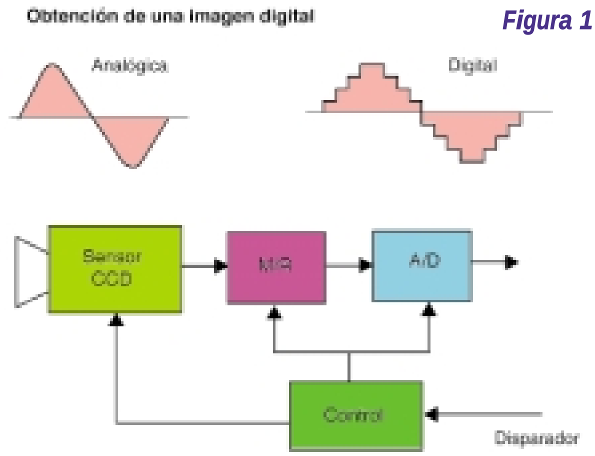
Debido a la gran cantidad de información que aparece en una imagen en movimiento, toda la secuencia de bits obtenida en la conversión de analógico a digital debe transformarse en una secuencia más pequeña; es decir, tiene que ser comprimida y codificada para que pueda trasmitirse a los receptores, ya sea por vía terrestre, satélite, cable o incluso por microondas.

Veamos más de cerca cómo se hace esta transformación: la imagen digital es un conjunto de pequeños elementos unitarios, llamados ***"pixeles"*** o pels, ordenados en forma matricial y donde cada uno tiene un valor numérico que representa su intensidad luminosa y su color. Para representar de forma digital una imagen, se necesita una cantidad muy grande de bits que describan la conformación de los casi 350,000 pixeles o elementos que componen la imagen.

CONVERSIÓN ANALÓGICO/DIGITAL

El primer paso que debe cumplir la televisión digital es la conversión de análogo a digital (A/D), ya que -como sabemos- la señal de imagen que se obtiene de las cámaras de video es analógica.

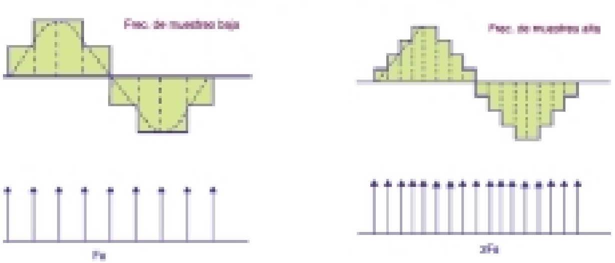
Este proceso consiste en convertir, bajo condiciones controladas,


Obtención de una imagen digital
Analógica
Digital
Sensor CCD
M/R
A/D
Control
Disparador

- Sensor CCD (dispositivo de carga acoplada): Captura la información de luz y la convierte en voltaje.
- Muestreo/Retención (M/R): Detiene el voltaje para que sea convertido.
- Convertidor A/D: Convierte el voltaje a código binario.
- Control: Sincroniza la operación durante el proceso.

Figura 1

Figura 2


Ondas seno con diferentes frecuencias de muestreo
Frec. de muestreo baja
Frec. de muestreo alta
Fs
2Fs

los voltajes analógicos en códigos binarios expresándolos en forma de un escalonado discreto (figura 1). Dicha conversión debe regirse por ciertas normas muy estrictas para que haya un mínimo de pérdidas de información; a continuación mencionaremos algunas de las más importantes.

Teorema de muestreo de Nyquist

Para conseguir una conversión A/D adecuada, la teoría de comunicación se ha apoyado en las matemáticas. Justamente, para determinar la frecuencia mínima con la cual se puede muestrear una señal análoga, sin que se lleguen a perder porciones importantes de señal durante el proceso de transformación, se utiliza el teorema de muestreo de Nyquist, que dice: ***“Si la frecuencia de muestreo (Fs) es al menos el doble de la frecuencia más alta en la señal (Fmáx), se puede recuperar la señal original de los datos discretos.“***

Esto significa que si, por ejemplo, queremos hacer un muestreo de una señal de audio que abarca desde 20 a 20,000Hz, tendríamos que usar una frecuencia de muestreo mínima de 40kHz.

De esta manera se limita el ancho de banda de los circuitos de procesamiento, dando así mismo una aproximación del ancho de banda requerido. En la práctica, los valores de muestreo de video digital están arriba del mínimo y son colocados en 2,5 veces la frecuencia más alta de la señal (en el caso del video, cuya frecuencia máxima en el formato NTSC llega hasta 4,25MHz, la frecuencia de muestreo mínima sería de 9,5MHz; y si es de más, mejor).

Muestreo, cuantización y resolución

En el proceso de conversión de una señal analógica a digital, la amplitud de la primera es dividida en un cierto número de intervalos regulares, obteniéndose un valor numérico equivalente. En cada periodo de muestra, cuya duración depende del número de muestras tomadas o de la frecuencia de muestreo (Sampling Frequency), se ***“captura”*** un valor numérico equivalente al valor análogo de la señal original.

En la figura 2 se muestran dos aproximaciones de una onda seno, pero con dos frecuencias de muestreo distintas: el valor de la alta frecuencia es el doble del valor de la baja frecuencia.

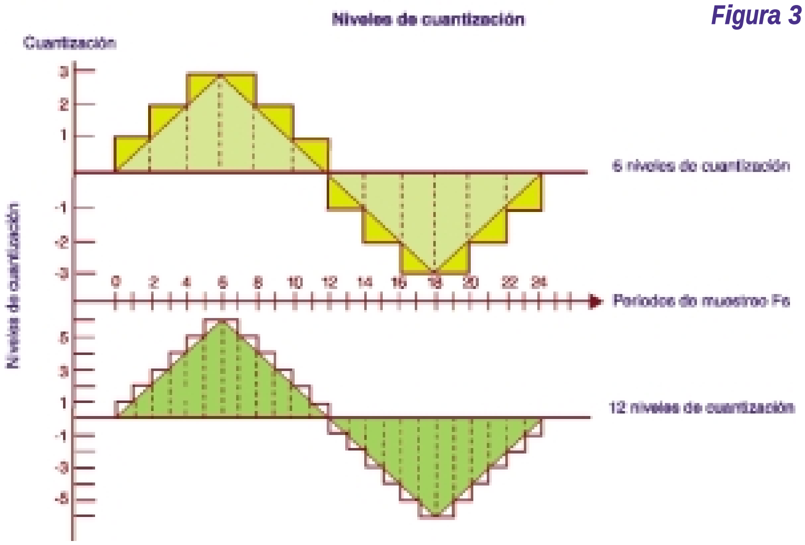
En la figura 3 observamos dos ondas análogas tipo triángulo con periodos de muestreo idénticos. La diferencia entre ambos es que los niveles de conversión válidos del segundo caso duplican en número a los del primero.

Combinando ambos fenómenos, podemos decir que la resolución de un proceso de conversión de análogo a digital está estrechamente relacionado con el número de muestras por segundo y la cantidad de intervalos utilizados para representar el voltaje análogo original; y en ambos aspectos, mientras más elevado sea el valor, mejor se representará la señal original.

Codificación A/D

Después de que la señal analógica es muestreada y se han obtenido una serie de valores numéricos de su amplitud en los puntos

Figura 3


Niveles de cuantización
Cuantización
3
2
1
-1
-2
-3
6 niveles de cuantización
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Períodos de muestreo Fs
Niveles de cuantización
5
3
1
-1
-3
-5
12 niveles de cuantización

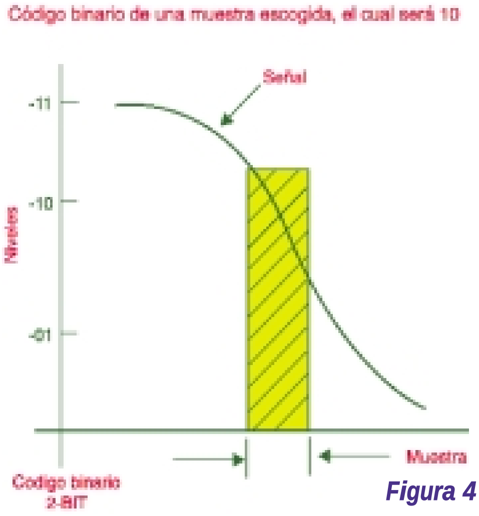


Figura 4

de muestreo, este valor numérico deberá convertirse en un número binario, para su posterior manejo por medio de circuitos lógicos (lo que significa por ejemplo que un valor de 23 unidades se representará como 10111).

El número de bits usado en este código binario se relaciona exponencialmente con el número de niveles de cuantización utilizados. El proceso de asignación de un código binario a cada nivel de cuantización es llamado ***"codificación".***

Un código N-BIT utilizaría N bits, con lo cual se tendrían 2N niveles de voltaje distintos. En tanto, un código de 4 bits permitiría 24 ó 16 niveles, y un código de 8 bits sirve para representar 28 ó 256 niveles. Un sistema completo de codificación binaria, cuenta con un método de medición de una muestra analógica contra los niveles de referencia; además, produce el código binario apropiado para el nivel de una cuantización particular (figura 4).

RECOMENDACIONES CCIR-601

Debido al predominio de la televisión como medio de entretenimiento en nuestros días, y para tratar de estandarizar los formatos, se han diseñado reglas mundiales que permitan la conversión a formato digital de cualquier señal de video, no importa que el original venga en formato NTSC, PAL, SECAM, etc.

Específicamente, la norma CCIR-601 fija los formatos de imagen, parámetros y procedimientos para la representación digital de señales de video analógico, y está basada en la idea de tener una frecuencia de muestreo común para las normas de exploración de 625/50 (formatos PAL y SECAM) y 525/59.94 (formato NTSC). Esto se refiere al número de líneas horizontales y a la frecuencia de barrido vertical de los sistemas europeo y americano, respectivamente. La intención de esta unificación es que cuando se instaure la televisión digital, por fin se eliminen las zonas geográficas que usan distintas normas de TV, estableciendo un estándar mundial. Para describir la familia de frecuencias de muestreo, fue introducida una anotación especial; en ésta, la frecuencia de 3,375MHz es utilizada como unidad de medición.

El video digital compuesto utiliza una frecuencia de muestreo que es de cuatro veces la frecuencia de la subportadora (4 Fsc), lo que significa que su valor es de 14,32MHz en NTSC (recuerde que esta enciclopedia no sólo se distribuye en Argentina, por lo cual hablamos de las dos normas mayormente empleadas en este continente), y esto facilita la estabilización de la fase de las muestras con respecto al Burst de color y la separación Y/C.

Las señales por componentes son muestreadas de diferente manera que la señal compuesta, ya que la frecuencia base de muestreo es de alrededor de 3,375 MHz; de ahí que la frecuencia empleada para muestrear la señal de luminancia (4Fs), sea de 13,5 MHz.

En sistemas por componentes, las señales de diferencia de color tienen menos ancho de banda; o sea que se puede muestrear con la mitad de la frecuencia (6,75MHz); así, el 4 representa 13,5 MHz, y el 2 representa 6,75 MHz (en el fascículo 12 tiene los valores correspondientes al sistema PAL).

En el ámbito de la difusión televisiva, la mayoría de los equipos profesionales utilizan el muestreo 4: 2: 2.

COMPRESIÓN DIGITAL

Actualmente, la compresión digital se ha convertido en un término familiar para quien está relacionado con el medio televisivo o para quien trabaje cotidianamente con computadoras. Literalmente, comprimir significa ***"reducir el tamaño, volumen, concentración o densidad de un objeto***".

La compresión digital permite que varias señales de video de alta calidad sean llevadas en un espacio de frecuencia que ocupa un solo canal analógico, con lo que se reducen significativamente los costos de transmisión.

Reducción de datos

Si consideramos que la compresión de video reduce la transferencia de datos, puede deducirse que se elimina información repetida o innecesaria en cuadros de imagen consecutivos. Las imágenes de TV contienen redundancia temporal y espacial; esto es, que gran cantidad de información visual en la pantalla permanece sin cambio. Pongamos un ejemplo muy claro: en los noticiarios tradicionales, el escenario detrás del comentarista por lo general permanece invariable, mientras que el único objeto en movimiento suele ser esta misma persona y en ocasiones los insertos de video que apoyan la nota que se esté comentando. En estos casos, se podría perfectamente enviar una sola vez la información del escenario, y de ahí en adelante tan sólo enviar aquellas porciones de imagen que efectivamente estén en movimiento, con lo que se puede reducir de forma muy considerable la cantidad de información transmitida.

Entonces, en el dominio del tiempo, el objetivo es transmitir sólo los aspectos de la imagen que cambian. Por eso los cuadros de video son subdivididos en bloques y se codifican en dos etapas:

1) En la primera, se identifican los componentes de imagen que permanecen fijos por un lado, y por el otro aquellos que tienen movimiento.

2) En la segunda etapa, se calcula si hay alguna diferencia entre el bloque de imagen actual y el pronosticado.

Tipos de compresión

Con todo lo anterior, podemos encontrar que básicamente existen dos tipos de compresión, dependiendo de la fidelidad con que se transmiten los datos de la imagen original:

1) Sin pérdida de datos: Son aquellas compresiones en las que el proceso no introduce distorsión y la información se recupera íntegramente.

Ventaja: No hay error de reconstrucción.

Desventaja: No se logran altas tasas de compresión.

2) Con pérdida de datos: El proceso introduce distorsión, aunque ésta resulta casi imperceptible; entonces la señal reconstruida será una aproximación a la original, puesto que los datos se operan con una compresión fija y están moldeados conforme a los sentidos humanos -por lo que son más prácticos para transmisión y grabación- (figura 5).

Ventaja: Las tasas de compresión que se logran son altas.

Desventaja: La distorsión puede llegar a ser considerable.

TRANSFORMACIÓN

Por medio de un cambio en el formato de la señal se busca eliminar redundancia entre pixeles, logrando así la compresión de las imágenes.

Convencionalmente se emplea la transformación de coseno discreta (DTC).

Esquema de compresión con pérdidas

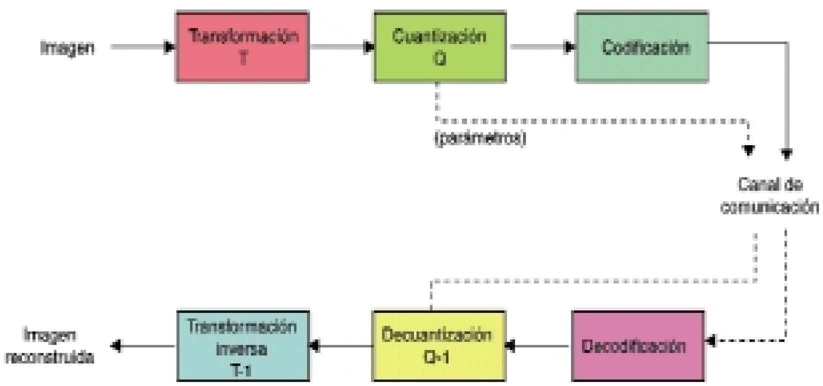


Imagen
Transformación
T
Cuantización
Q
Codificación
(parámetros)
Canal de
comunicación
Imagen
reconstruida
Transformación
inversa
T-1
Decuantización
Q-1
Decodificación

Figura 5

Interpretación de la DCT

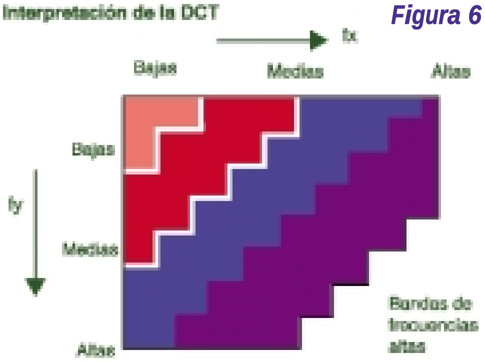

fx
Bajas
Medias
Altas
Bajas
fy
Medias
Altas
Bandas de
frecuencias
altas

Figura 6

Transformación de coseno discreta (DCT)

Está basada en la teoría de la transformación de Fourier, según la cual cualquier forma de onda de CA puede ser analizada en su frecuencia fundamental más baja y sus componentes armónicos.

La señal de video original es digitalizada y dividida en pequeños bloques de “n x n” pixeles; típicamente, de 8 x 8 ó 16 x 16.

DCT analiza los bloques aún más pequeños, y produce, en vez de una señal que varía en el tiempo, una señal en el dominio de la frecuencia en forma de coeficientes. Estos son cuantificados para eliminar la información menos importante, de tal manera que sea invisible al ojo. Si se pudiera interpretar para ser analizada en forma visual, la DCT se observaría como en la figura 6.

Cuantización

Una vez transformada la señal, el cuantificador se encarga de descartar (selectivamente) los componentes cuya contribución sea despreciable. Por eso es que los coeficientes originales DCT son divididos con base en una tabla de cuantización fija. El valor pequeño es aplicado a D00, y los más grandes son aplicados a Don y Dn0 en la tabla de cuantización.

Codificación de audio

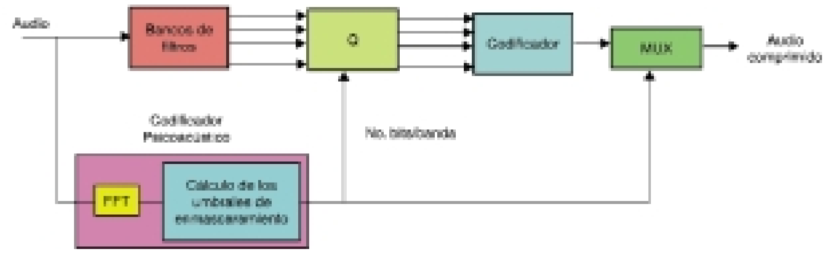

Audio
Bancos de
filtros
Q
Codificador
MUX
Audio
comprimido
Codificador
Psicoacústico
No. bits/banda
FFT
Cálculo de los
umbrales de
enmascaramiento

Figura 7

Codificación

La función de un codificador es minimizar la cantidad de bits necesarios para representar la salida del cuantizador (Eliminación de la Redundancia de Código). Esto puede lograrse variando la longitud del código en cada pixel , en función de su estadística de aparición en una imagen dada.

Método de codificación Huffman

En este método, dependiendo de la probabilidad de aparición de cada uno de los valores de salida del cuantizador, se asignan códigos de longitud más corta a valores frecuentes y códigos de longitud más larga a valores menos frecuentes.

Compresiones de audio

En comparación con el video, para el audio se han logrado mejores resultados al comprimir las señales (figura 7). Pero para esto ha sido necesario utilizar el sistema de descomposición en sub-bandas, el cual, a través de un banco de filtro, divide la banda de interés en N partes iguales (normalmente 32) para tratarlas por separado.

Otro sistema que también se utiliza es la Codificación Perceptual, en la que se determinan los valores de los umbrales de enmascaramiento para ajustar los cuantizadores y discriminar la información no audible.

NORMAS INTERNACIONALES DE TELEVISIÓN DIGITAL

Una norma internacional es una serie de regulaciones necesarias para uniformar el uso y explotación de una tecnología, con el fin de lograr la mayor expansión posible de la misma. El objetivo de las normas es proporcionar los elementos básicos del marco regulatorio aplicable a esta tecnología. Los principales organismos internacionales encargados de la regulación de los sistemas, son la ***Organización Internacional de Estandarización (ISO) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)***. Bajo los auspicios de la ISO, existe JPEG (Joint Pictures Experts Group) y MPEG (Motion Pictures Experts Group) de los cuales nos ocupamos en distintas partes de esta obra.

Perfiles y niveles

Por su amplio rango en rendimiento y complejidad, MPEG se divide en perfiles; a su vez, éstos, se dividen en niveles.

Un "perfil" es una técnica; un "nivel" es una restricción, tal como el tamaño de imagen o la velocidad de bits utilizados en la técnica. Los niveles difieren entre sí, en primer lugar, por la resolución y la velocidad de datos requeridos. El nivel principal es apropiado para la televisión de definición estándar (SDTV).

TRANSMISIÓN DE TV PROGRESIVA Y ENTRELAZADA

El nuevo sistema de DTV en los Estados Unidos, es un significativo avance tecnológico con relación a la televisión estándar.

La norma en DTV utiliza la compresión digital y la modulación 8VSB, que proporcionan imágenes de alta calidad, audio con calidad CD y la provisión para transmisiones de datos. Esta innovación permite difundir video en múltiples formatos, lo que proporciona una gran flexibilidad para las teledifusiones.

La mayoría de estaciones elegirán 1080 líneas entrelazadas o 720 líneas progresivas como su principal formato de producción. Solamente por el número, se pensaría que el formato de 1080 I (entrelazado) proporciona la mejor resolución; sin embargo, el formato de 720 P (progresivo) en realidad es comparable, en resolución vertical, con el 1080.

Los formatos de 1080 x 1920 progresivo proporcionan la más alta resolución espacial, pero con una baja resolución temporal. Por esta razón, los diferentes formatos serán elegidos para diferentes tipos de programación.

Ahora bien, la exploración entrelazada da lugar a un parpadeo (flicker) interlineal, cuando líneas muy finas de una escena caen en líneas de exploración individuales.

Formatos múltiples

La existencia de diferentes formatos, se debe a que las aplicaciones en televisión tienen distintos requerimientos y a que los propios formatos permiten un trueque específico para cada tipo de programa.

Cinco de los seis formatos de ***ATSC (Comité de Sistemas de Televisión Avanzada) y HDTV (Televisión de Alta Definición***) son progresivos; por lo tanto, de la transmisión inicial, la mayor parte de programación digital de TV será en exploración progresiva. Este escenario nos conduce a un futuro en el que los diferentes estándares van a coexistir y compartir receptores. A esto obedece el hecho de que las grandes cadenas televisivas ya hayan realizado su elección.

Si bien es evidente que las imágenes de 720 P son superiores a las de 480 P, y que 1080 I tiene sus ventajas, el principal problema seguirá siendo el costo. Pero lo que sí es una realidad, es que el gobierno de los Estados Unidos, a través de la FCC, ha asegurado que dentro de unos años los 1600 teledifusores que existen, gastarán cientos de millones de dólares en equipo para poder transmitir televisión digital. La penalización para el que no cumpla, será la pérdida de su licencia para efectuar transmisiones.

Comentarios finales

Al romper con la rigidez de la televisión analógica, que sólo permite transmitir una señal de televisión por canal asignado, los teledifusores tendrán la opción de reconfigurar su canal digital en función de sus oportunidades de negocio tradicionales; en otras palabras, podrán ofrecer uno o más programas de televisión simultáneos, de resolución alta o estándar.

Y si tomamos en cuenta que el público cambió sin problemas la televisión en blanco y negro por la televisión en color, que dejó de usar los discos negros de acetato y aceptó los discos compactos, y que de videocintas está cambiando para adquirir discos ópticos DVD, queda claro que la tecnología de la DTV no tardará en ser igualmente adoptada. **********

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos de edición semanal, contando con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron seleccionados y adaptados por Horacio Vallejo.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

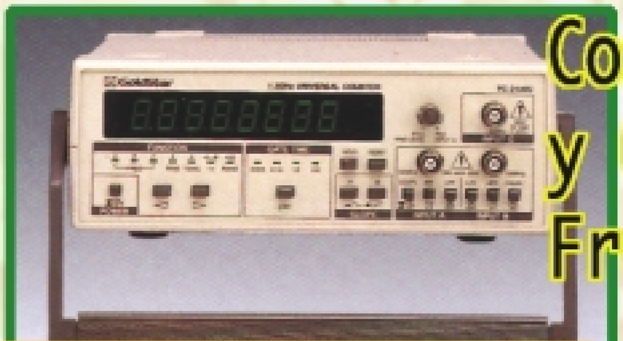
Reparación de Equipos de Audio

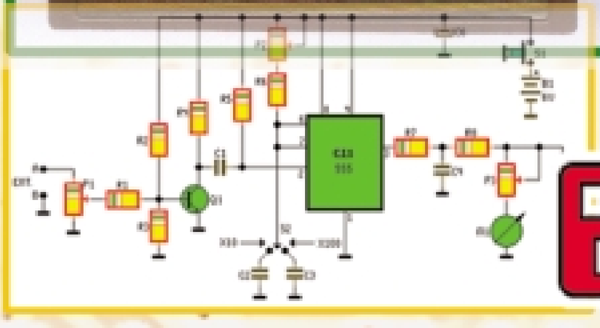
17

El Mundo de la Electrónica

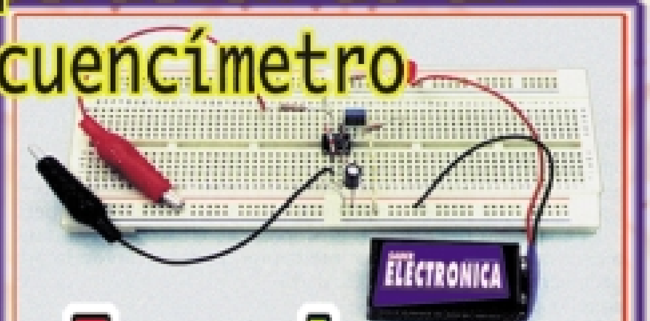
Teoremas de Resolución de Circuitos

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA





Construcción, Manejo y Operación de un Frecuencímetro



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 17

REPARACION DE EQUIPOS DE AUDIO

Medición de tensión en circuitos transistorizados....259
¿Qué efecto causa esa alteración en la calidad del sonido?........................260
¿Qué ocurre si estos componentes presentan problemas? 261
Tensiones en salidas complementarias 261
Circuitos integrados híbridos................................264

TEOREMAS DE RESOLUCION DE CIRCUITOS

Principio de superposición 264
1) Cálculo por leyes de Kirchhoff 265
2) Cálculo por el método de superposición 265
Teorema de Thevenin 266
Teorema de Norton...........268

MANEJO Y OPERACION DEL FRECUENCIMETRO

¿Qué es un frecuencímetro?...............270
Consejos para la elección de un frecuencímetro.......270
Principio de operación del frecuencímetro............270
Aplicaciones del contador de frecuencia 271
Mediciones en audio y video .271

Cupón Nº 17
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 17

Reparación de Equipos de Audio

Un amplificador de audio está compuesto por un conjunto de componentes que deben funcionar de manera equilibrada. La simple rotura del equilibrio, por haberse quemado un único componente no sólo puede interrumpir el funcionamiento de un amplificador, sino que genera corrientes intensas que hasta provocan el quemado de otros elementos.

Existen diversas configuraciones para los amplificadores de audio, que usan desde simples transistores hasta circuitos integrados específicos e incluso circuitos híbridos. Con la utilización de algunos instrumentos básicos, la búsqueda de problemas en estos equipos no exige más que un poco de paciencia y un procedimiento lógico. Los instrumentos que pretendemos usar en esta búsqueda de defectos son comunes, excepto el osciloscopio, que no siempre está disponible dado su costo más elevado.

MEDICIÓN DE TENSIÓN EN CIRCUITOS TRANSISTORIZADOS

La simple medición de tensión en una etapa de amplificadores permite que se evalúe su estado.

En la figura 1 tenemos una etapa de amplificación con un transistor en la configuración de emisor común. Esta etapa aparece en la mayoría de los amplificadores de audio de pequeña potencia, como por ejemplo en los drivers y salidas de pequeñas radios, grabadores, intercomunicadores o bien como preamplificadores de audio y driver de amplificación de mayor potencia.

Para que el transistor, que es el elemento central de la etapa, funcione correctamente, es preciso que haya una polarización de sus elementos que lo lleve a la operación en la parte lineal de su curva característica. Esto implica colocar resistores calculados de tal forma que, sin señal, la tensión de colector quede de la mitad para abajo de la tensión de alimentación, como vemos en el gráfico de la figura 2. Así, en una alimentación de 6V, es común tener tensión de colector alrededor de 2 a 3V y de emisor bastante más abajo, con fracción de volt o como máximo con 1V.

Fig. 1

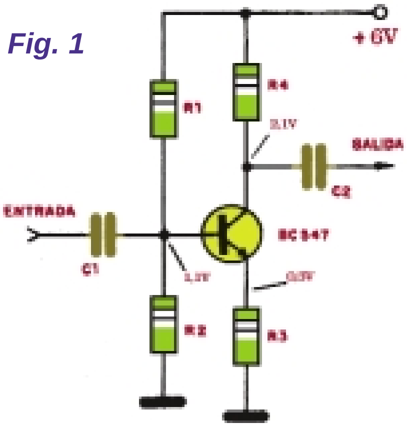
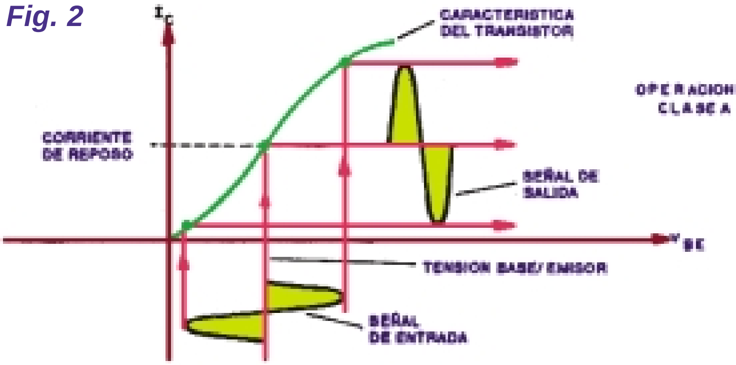


Fig. 2



Para amplificadores con tensión de alimentación mayor, las tensiones encontradas en estos elementos son proporcionalmente mayores, como sugiere el circuito de la figura 3.

La tensión de base depende fundamentalmente de la tensión de emisor en este circuito. Para un transistor de germanio NPN la tensión de base deberá estar aproximadamente 0,2V por encima de la tensión de emisor, y para un transistor de silicio también NPN la tensión quedará aproximadamente 0,7V por encima de la tensión de emisor. En un transistor PNP, las tensiones tendrán las mismas diferencias, conforme el tipo, pero la base quedará con valor por debajo del emisor, pues el sentido de circulación de la corriente se invierte.

Los resistores alrededor de este transistor pueden sufrir di-

Fig. 3

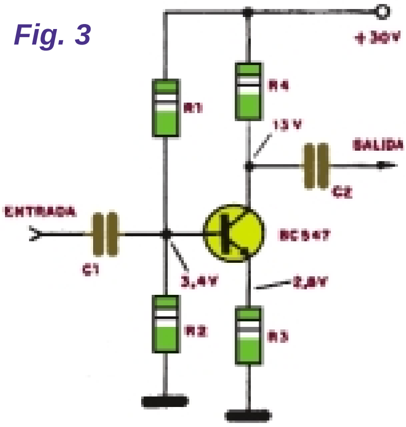


Fig. 4

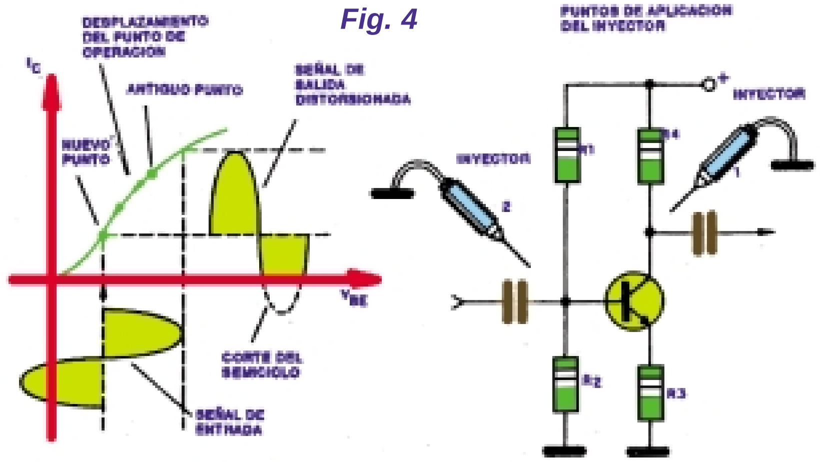

DESPLAZAMIENTO DEL PUNTO DE OPERACION
I_C
ANTIGUO PUNTO
SEÑAL DE SALIDA DISTORSIONADA
NUEVO PUNTO
V_{BE}
CORTE DEL SEMICICLO
SEÑAL DE ENTRADA
PUNTOS DE APLICACION DEL INYECTOR
INYECTOR
INYECTOR
R1
R4
1
2
R2
R3

Fig. 5

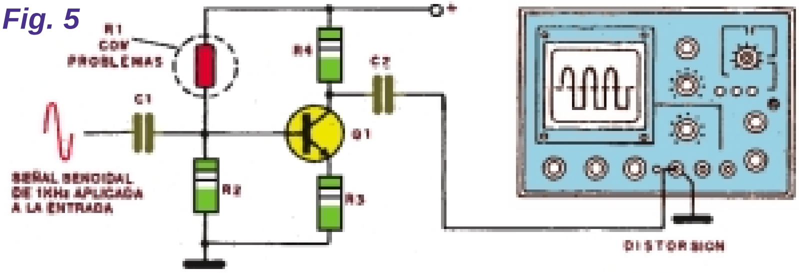
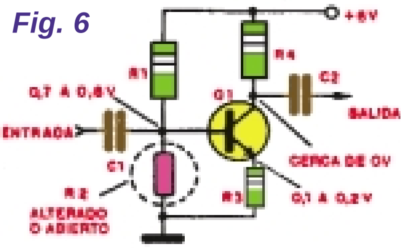

R1 CON PROBLEMAS
R4
C2
C1
Q1
R2
R3
SEÑAL SENOIDAL DE 1KHz APLICADA A LA ENTRADA
DISTORSION

Fig. 6


+6V
R4
R1
C2
0,7 A 0,8V
Q1
SALIDA
ENTRADA
C1
CERCA DE 0V
R2
ALTERADO O ABIERTO
R3
0,1 A 0,2 V

versos tipos de alteraciones, lo que causaría un desequilibrio de funcionamiento o incluso interrupción de la etapa.

Una primera situación aparece en la figura 4. El resistor R1, entre la base y la alimentación, se altera, aumentando su resistencia o incluso abriéndose. El resultado es la disminución de la corriente de polarización de base, que lleva al dislocamiento del punto de operación, como muestra la misma figura.

La tensión de colector asume valores por encima de lo previsto, si el resistor apenas se altera, aumentando su resistencia; pero llegará al mismo valor de la tensión de alimentación si el resistor se abre completamente.

¿Qué efecto causa esa alteración en la calidad del sonido?

Si el resistor simplemente se abre, el transistor no tiene polarización alguna y el resultado es una interrupción del sonido en este punto.

Esto podemos percibirlo fácilmente con el inyector de señales. Aplicando la señal en el colector, la misma pasa a la etapa siguiente y tenemos la reproducción en el parlante. Sin embargo, aplicando en la base, la señal no pasa por el transistor o pasa sin amplificación alguna, y el resultado es la reproducción muy baja o incluso nula.

Si ocurre una alteración de valor, con aumento de la resistencia y con cierta polarización, el resultado será una ***fuerte distorsión*** en el sonido del amplificador, que puede ser constatada con ayuda del osciloscopio, como muestra la figura 5.

Operando en un punto debajo del centro de la recta de carga, el transistor corta parte de uno de los semiciclos, lo que acarrea fuerte distorsión de la señal. En un amplificador o en una radio a transistores esto aparece en la forma de sonido desagradable, hasta incluso con oscilaciones o entrecortamientos fácilmente perceptibles cuando se compara este sonido con el de otra radio o amplificador en buen estado.

Otra situación es la alteración o apertura del resistor R2 entre la base y la tierra, como muestra el circuito de la figura 6.

Con la alteración o apertura de este resistor tenemos el aumento de la corriente de base, lo que lleva a la fuerte caída en el colector del transistor, como muestra la misma figura. La tensión de base se puede elevar ligeramente en función del aumento de la tensión de emisor, en caso de que exista un resistor entre éste y la tierra (R3).

El reparador podrá facilmente sospechar este problema si la tensión del colector estuviera por debajo de la normal y mucho más próxima a la tensión de emisor.

En la reproducción, los resultados serán igualmente malos como en el primer caso. Habrá un desplazamiento del punto de operación para la región no lineal de funcionamiento del transistor, como muestra la figura 7.

Tendremos, entonces, la señal reproducida con fuerte distorsión en la salida. La deformación será más acentuada, cuanto mayor sea la alteración del resistor. En el osciloscopio tendremos una deformación equivalente a la mostrada en la

Fig. 7

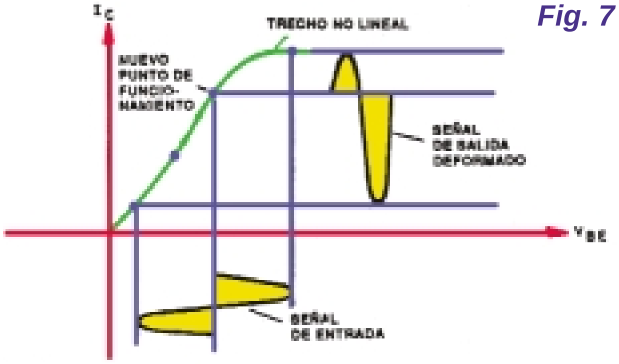

I_C
TRECHO NO LINEAL
NUEVO PUNTO DE FUNCIONAMIENTO
SEÑAL DE SALIDA DEFORMADO
V_{BE}
SEÑAL DE ENTRADA

Fig. 8

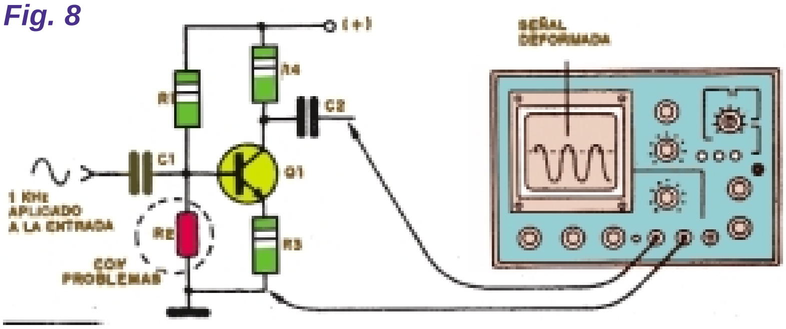


Fig. 9

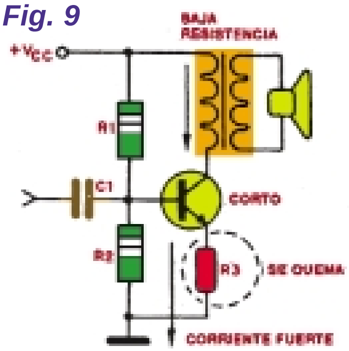


figura 8. Vea que, en este caso, así como en el anterior, es muy importante que el reparador disponga de un diagrama en el que existan los valores correctos de las tensiones en los puntos analizados, pues esto permite que se llegue fácilmente a las conclusiones vistas.

Finalmente, en otro caso, tenemos el resistor de emisor que también puede alterarse o abrirse. En circuitos que operan con potencias elevadas, como por ejemplo las salidas de algunos tipos de autorradios, este resistor puede sufrir sobrecargas cuando el resistor (R2) se abre o el transistor entra en corto. La corriente fuerte que pasará a circular entre el colector y el emisor podrá causar la quemadura de este resistor, como se propone en la figura 9.

La tensión de este componente se elevará anormalmente, llegando cerca de la tensión de alimentación. Una señal aplicada en esta etapa sufrirá un bloqueo total o una fuerte distorsión en el cambio del punto de operación del transistor.

Todos estos problemas suponen que el transistor esté en buen estado, pero que puede presentar problemas: se abrirá o entrará en corto. Ambos casos llevarán este componente a la inoperancia, lo que significa que podemos averiguar esto con el uso del inyector de señales.

La señal aplicada en el colector pasa a la etapa siguiente y ocurre su reproducción. La señal aplicada a la base, si pasa, lo hará sin amplificación y su intensidad de reproducción será la misma cuando la aplicamos al colector. Si no pasa, no ocurre la reproducción. Comparando las medidas de tensión con los resultados de esta prueba, podemos saber si el problema es de la polarización o del propio transistor. Tenemos también que considerar en estas etapas, la presencia de capacitores, como muestra la figura 10. C1 acopla la etapa anterior a la base del transistor; C2 acopla la salida del transistor (colector) a la etapa siguiente y C3 desacopla el emisor del transistor.

¿Qué ocurre si estos componentes presentan problemas?

Si los capacitores se abrieran, lo que tendremos es la falta de pasaje de la señal o bien una pérdida de ganancia en los agudos, en el caso específico de C3, pero las tensiones de los transistores no se alterarán. Si los capacitores entraran en corto ocurrirán variaciones en las tensiones de polarización. En el caso de C3, en el emisor del transistor, un cortocircuito hace que la tensión de emisor caiga, así alterará la tensión de base y modificará el punto de funcionamiento del transistor en la curva característica. El resultado es la distorsión en el sonido, que también puede ser verificada con ayuda del osciloscopio. Una fuga en este capacitor no provoca problemas, si su resistencia en ***"fuga"*** es mucho menor que la resistencia de entrada del circuito bajo medición.

Si C1 y C2 entraran en corto o presentaran fugas, ocurriría una alteración de la polarización de base de los transistores. Para C1 tenemos la entrada de la etapa en cuestión y para C2 de la etapa siguiente, que debe ser analizada.

Normalmente, como tenemos un acoplamiento RC del tipo mostrado en la figura 11, el corto de C1 equivale a la conexión del resistor de colector RC de la etapa anterior en paralelo con R1.

De este modo, la corriente de base aumenta y lleva el transistor al sector no lineal de su característica. Consiguientemente, tenemos amplificación deficiente, con fuerte distorsión.

Tensiones en salidas complementarias

La etapa anterior, operando en clase A, presenta la posibilidad de una amplificación del ciclo completo de la señal.

Fig. 10

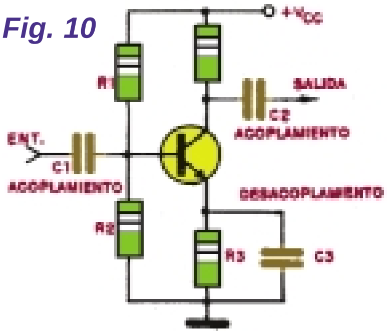


Fig. 11

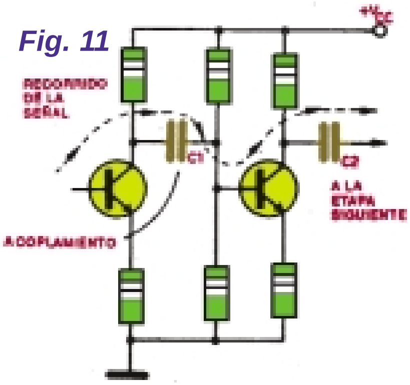
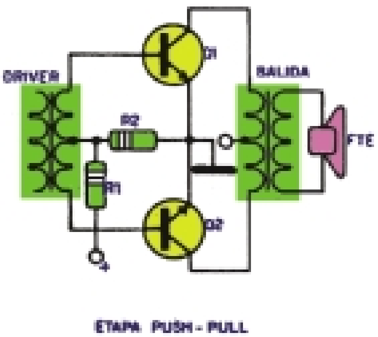


Fig. 12



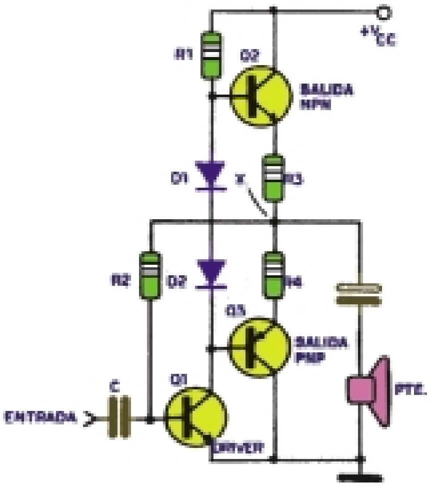
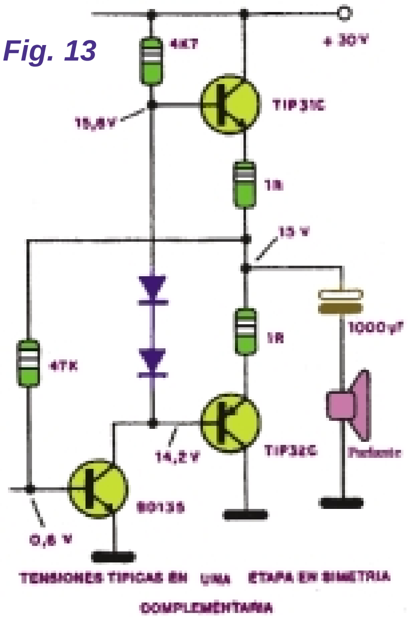


Fig. 13



Mientras tanto, trabaja con una corriente de reposo relativamente alta, lo que limita su uso a los circuitos de baja potencia.

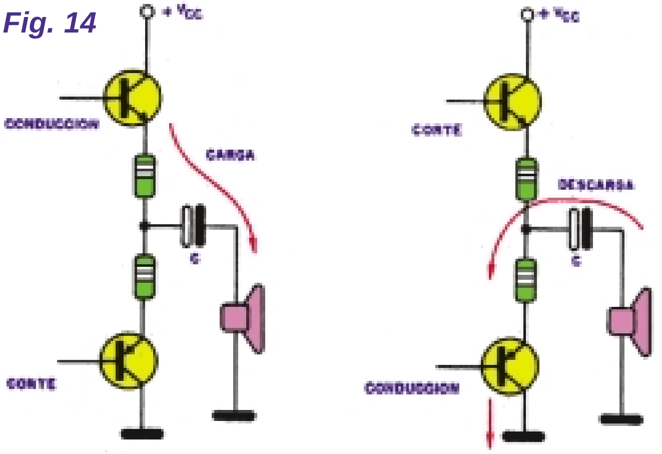
En los circuitos de alta potencia, hacemos una polarización en clase B o C, de modo que tenemos mayor rendimiento con una corriente de reposo muy baja pero, en compensación, precisamos dos transistores para que cada uno, amplifique un semiciclo de señal.

Tipos comunes de salida en que ocurre esto, aparecen en la figura 12 y corresponden a los circuitos de **"push-pull"** y salida en simetría complementaria.

Nos interesa, inicialmente, la salida en simetría complementaria que aparece en la mayoría de los amplificadores de audio de alta fidelidad y con potencia por encima de 1W. La salida en **"push-pull"** es, hoy, limitada a las radios y grabadores transistorizados, cuya potencia no supera 1W.

En la polarización de base de los transistores de salida tenemos un resistor (R1), dos diodos y un transistor (Q1). El transistor debe ser polarizado de tal modo que presente más o menos la misma resistencia que Q1. Esto se consigue a través de la conexión del resistor de base (R2) al punto medio correspondiente a la juntura de los emisores de los transistores NPN y PNP, donde tenemos una tensión equivalente a la mitad de la alimentación como muestra la figura 13.

Fig. 14



Los diodos funcionan como reguladores, porque distribuyen la corriente entre las bases, pues corresponden justamente a las dos junturas entre base y emisor que existen en los transistores de salida.

Las tensiones típicas, en una etapa de este tipo que estamos analizando, aparecen en la misma figura; obsérvese la baja corriente de reposo.

El transistor excitador (Q1) puede variar su resistencia entre colector y emisor en función de dos semiciclos de la señal de entrada, pues está polarizado en clase A.

Cuando tenemos el semiciclo positivo de la señal de entrada, su resistencia colector-emisor disminuye y el transistor PNP de salida es polarizado en el sentido de aumento de su conducción. Cae, entonces, la tensión en el punto X del diagrama, lo que provoca la descarga del capacitor electrolítico, a través del parlante, con la reproducción de la señal.

Cuando tenemos el semiciclo negativo de la señal de entrada, su resistencia colector-emisor aumenta, predominando la acción del resistor R1 que, entonces, hace que el transistor NPN de salida conduzca más intensamente. El capacitor C1 de salida, por el aumento de tensión en sus placas, se carga a través del parlante, con fuerte corriente que reproduce la señal original (figura 14).

Como podemos percibir, se trata de una etapa que funciona en un equilibrio crítico. Circuitos antiguos pueden usar en la estabilización del punto de funcionamiento un trimpot, o incluso un termistor, entre las bases de los transistores. En circuitos de alta potencia podemos tener un transistor, que reduce la corriente de reposo por su acción en contacto con el disipador de calor de los transistores de potencia. El mismo funciona como una protección

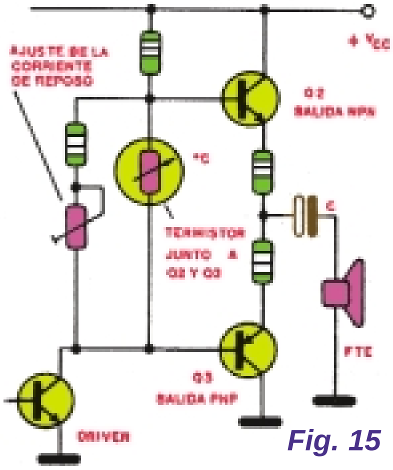
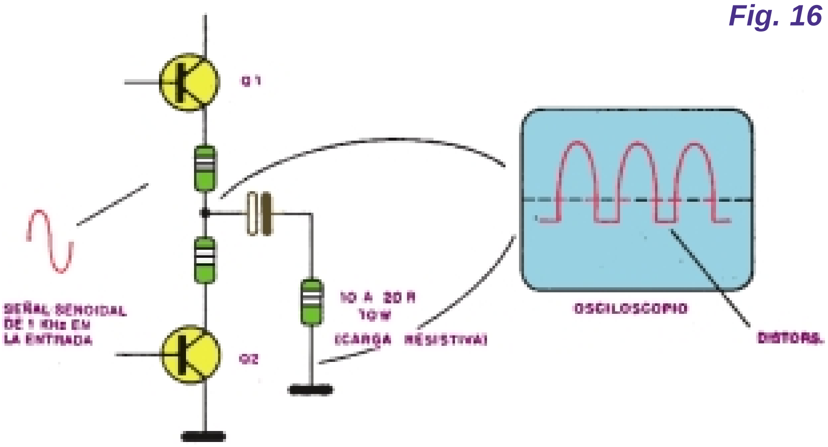


Fig. 15

Fig. 16



térmica eficiente en circuitos de más de 20W, como muestra la figura 15.

Factores como un funcionamiento prolongado, exceso de tensión y mala ventilación pueden desequilibrar este circuito, causando problemas graves de funcionamiento.

Dos primeras posibilidades de funcionamiento consisten en la apertura de R1 o bien en la apertura o corto del transistor excitador.

En el primer caso, predomina la acción del transistor Q1 (excitador), y, con esto, el transistor PNP de salida pasará a conducir más intensamente, desplazando el equilibrio de la etapa, que producirá la señal con fuerte distorsión, ya que solamente podrá pasar un semiciclo. Una verificación en el osciloscopio, cambiando el parlante por una carga resistiva, muestra lo que ocurre (figura 16).

Cuando Q1 entra en corto, el efecto es el mismo, en cuanto su apertura hace que el transistor NPN conduzca más intensamente, distorsionando el otro semiciclo de la señal aplicada.

El desequilibrio puede, por otro lado, tener consecuencias más graves. Una de éstas es la circulación de fuerte corriente por los propios colectores de los transistores de salida, que puede quemarlo, como también a los resistores de emisor.

En verdad, en este tipo de circuito, los resistores de emisor representan verdaderos fusibles, que se abren siempre que ocurre una sobrecarga o desequilibrio.

Con la medición de tensiones podemos fácilmente descubrir el desequilibrio, pero debemos tener en mente que el mismo puede tener diversos orígenes y que todos deben ser analizados. En una etapa como la de la figura 17, en que el desequilibrio es más crítico debido a la presencia de 4 transistores, los cuidados en el descubrimiento de problemas son todavía mayores. Una fuerte distorsión y una corriente de reposo anormalmente alta indican que resistores o transistores están con problemas. Alteraciones de las características de estos componentes provocan diferencias radicales en las tensiones en todos los puntos del circuito.

El quemado de los transistores de salida, en cuanto se conecta el amplificador, es un aviso de que existe un desequilibrio. Los transistores excitadores deben ser retirados y analizados, así como el driver, ya que todos pueden ser el origen del problema. Una fuente importante de problemas en este tipo de circuitos, que no debe olvidarse, es el propio electrolítico de acoplamiento al parlante. El parlante representa una resistencia prácticamente nula al pasaje de corrientes continuas. Una entrada en corto del capacitor significa elevar el punto X (figura 15) a 0V, y con esto, pueden circular fuertes corrientes por el transistor NPN, que lo quemarán, como también al resistor del emisor. Si al conectar el amplificador se quema este transistor y también el resistor, desconecte el parlante y pruebe el capacitor electrolítico.

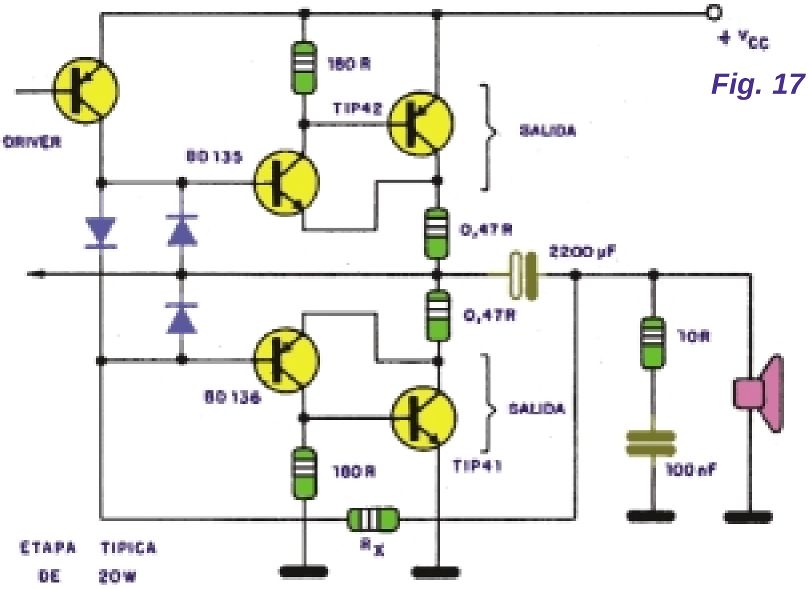


Fig. 17

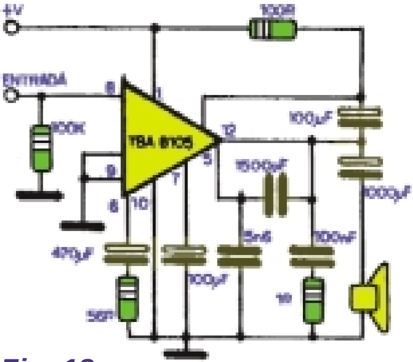
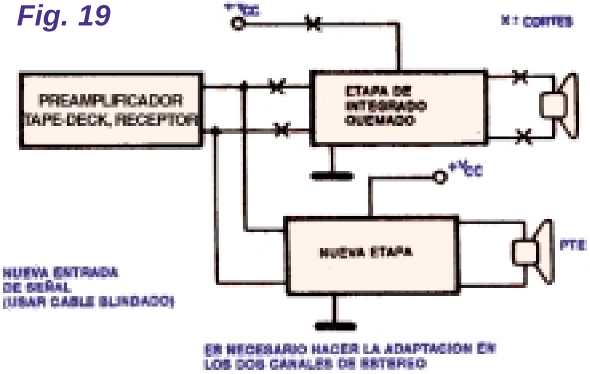


Fig. 18 ETAPA INTEGRADA TIPICA DE 7W

Fig. 19



CIRCUITOS INTEGRADOS HÍBRIDOS

Cuando un equipo utiliza un amplificador de potencia integrado o híbrido, no podemos tener acceso directamente a las etapas de amplificación, pero la realización de mediciones externas nos ayuda a llegar a una conclusión de lo que ocurre.

En la figura 18 tenemos un amplificador híbrido; obsérvese que la mayoría de los componentes externos consisten en capacitores de acoplamiento, de desacoplamiento y resistores que influyen en la ganancia o determinación de la respuesta en frecuencia. No siempre un problema de funcionamiento se debe a la falla del integrado en sí, pero sí, la mayoría de las veces, a la de los propios componentes externos.

Para trabajar con este tipo de circuito es preciso, antes que nada, disponer de un diagrama en el que existan las tensiones correctas en cada pin (pata). Encontrando tensiones anormales en los pines, verifique antes si los componentes asociados no son los causantes del problema. Levante, por ejemplo, el terminal del electrolítico o resistor conectado al pin y verifique si el mismo no está abierto, en corto o alterado. Si todos los componentes estuvieran buenos, pero las tensiones continuaran alteradas, podemos realmente sospechar que el problema está en el circuito integrado.

Un problema que ocurre con equipos antiguos, importados o fuera de línea, es el quemado de un integrado que no se fabrica más o que es difícil de encontrar. Para casos como éste, que ocurren en radios relojes, pasacasetes, receptores, etc., una solución interesante es la adaptación. Partiendo de integrados comunes en el mercado, y que tengan la misma potencia y la misma tensión de alimentación que el original, podemos usarlo en una etapa paralela, como muestra la figura 19. Inutilizamos entonces el circuito original de salida que está con problemas y retiramos la señal de su entrada para un amplificador paralelo, alimentado por la misma fuente. Muchos equipos poseen espacio suficiente para la instalación de la nueva placa en el propio conjunto, pero si esto no fuera posible, el nuevo amplificador puede ocupar una caja por separado.

Teoremas de Resolución de Circuitos

En este fascículo y en el 19 estudiaremos algunos teoremas de circuitos que facilitarán grandemente el cálculo, porque simplifican ya sea el circuito o la solución analítica. Estos teoremas son:

**** Principio de Superposición***
**** Teorema de Thevenin***
**** Teorema de Norton***
**** Principio de Sustitución***
**** Teorema de Millman***
**** Teorema de la Máxima Transferencia de Potencia***
**** Teorema de la Reciprocidad***

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN

El principio de superposición es especialmente útil en los circuitos que están sometidos simultáneamente a la acción de varias excitaciones. Este concepto es válido para cualquier sistema físico en que el efecto sea directamente proporcional a la causa.

El enunciado del principio, válido para los circuitos lineales bidireccionales, es:

"La respuesta resultante de un circuito, causada por la aplicación simultánea de varias excitaciones distribuidas por dicho circuito, se obtiene calculando independientemente las respuestas correspondientes a la acción de cada una de las excitaciones para luego sumarlas."

La suma de las respuestas individuales constituye la respuesta total que resulta de colocar todas las excitaciones simultáneamente en un circuito. Tenga en cuenta que las excitaciones pueden ser tensiones en paralelo o corrientes en serie.

También podemos decir que cada excitación actúa en forma "independiente" o autónoma para producir su parte de la respuesta. Para calcular la respuesta individual a cada excitación, se deben desactivar las restantes. Esto significa que los generadores que no se consideran se deben reemplazar por sus impedancias internas, puesto que la acción de las otras excitaciones influye sobre ellas.

En la figura 1 presentamos esquemáticamente este principio, para un circuito genérico. Las tensiones V_1, V_2 y la corriente I_1 son las excitaciones, y V_R e I_R las respuestas que se requiere determinar (figura 1a).

Los generadores de tensión tienen impedancias internas **Z_1** y **Z_2** respectivamente. El generador de corriente tiene también su impedancia interna, que indicaremos como **Z_i**.

En la figura 1b se quitaron (desafectaron) los generadores de **V_2** e **I_1**, que se reemplazaron por sus respectivas impedancias internas, permaneciendo activo solamente **V_1**. Las respuestas que se obtienen con el circuito en esas condiciones son **V_{R1}** e **I_{R1}**.

En la parte “c”, se desactivaron **V_1** e **I_1**, obteniéndose, por acción de **V_2** únicamente, las respuestas **V_{R2}** e **I_2**.

De la misma manera, al mantener activa **I_1** solamente, se obtuvieron las respuestas **V_{R3}** e **I_{R3}**. (figura 1 d).

Aplicando a nuestro ejemplo el principio de superposición, la respuesta total que se consigue cuando están aplicadas simultáneamente las tres excitaciones, será:

$$V_R = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} \qquad (1)$$

$$I_R = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} \qquad (2)$$

Como ejemplo, podemos dar el circuito de la figura 2a. Los generadores de 8V y 12V tienen impedancias internas de 0,2Ω y 0,4Ω respectivamente. Nos interesa conocer las corrientes del circuito y la caída de tensión **V_{EC}**.

Se supone que el lector conoce y “maneja” con cierto criterio las leyes de Kirchhoff, si no es así, puede consultar el texto “Teoría de Circuitos y Resolución de Circuitos”, de esta editorial.

A fin de comparar los resultados y la facilidad de ambos métodos, utilizando las leyes de Kirchhoff, calcularemos primeramente el circuito, tal como aprendimos en el capítulo anterior.

1) Cálculo por leyes de Kirchhoff

Construimos dos ecuaciones de mallas y una de nodos, luego de suponer los sentidos de las corrientes.

Malla N-M-E-C-N:

$$+12\ V - I_1 . (0{,}4 + 3)\ \Omega - I_3 . 4\ \Omega = 0 \quad (3)$$

Malla R-S-E-C-R:

$$+8\ V - I_2 . (0{,}2 + 2)\ \Omega - I_3 . 4\ \Omega = 0 \quad (4)$$

Nodo E:

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (5)$$

Restando miembro a miembro (3) y (4) se obtiene:

$$I_1 = 0{,}65 . I_2 + 1{,}18A \quad (6)$$

Reemplazando en (5):

$$I_3 = 1{,}65 . I_2 + 1{,}18\ A \quad (7)$$

Y sustituyendo **I_3** en (4) obtenemos:

$$+ 8\ V - 2{,}2\ \Omega . I_2 - 4\ \Omega . (1{,}65 . I_2 + 1{,}18) = 0$$

Finalmente, despejando **I_2**:

$$I_2 = 0{,}375\ A$$

Reemplazando en (7) surge que:

$$I_3 = 1{,}794\ A$$

Y de la (5):

$$I_1 = 1{,}419\ A$$

La caída de tensión es:

$$V_{EC} = 4\ \Omega . 1{,}794\ A = 7{,}18\ V$$

2) Cálculo por el método de superposición

Desactivemos primeramente el generador de 8V. El circuito correspondiente es el de la figura 2b. Obsérvese que hemos asignado a las corrientes parciales los sentidos indicados, que son los más probables.

La impedancia total, considerando que la serie de la impedancia de 2Ω con la impedancia interna de 0,2Ω está en paralelo con la de 4Ω, y todo este conjunto en serie con la impedancia de 3Ω y la impedancia interna de 0,4Ω es:

$$Z' = Zi_1 + Z_1 + Z'_p$$

Calculando matemáticamente:

$$Z' = 4{,}819\Omega$$

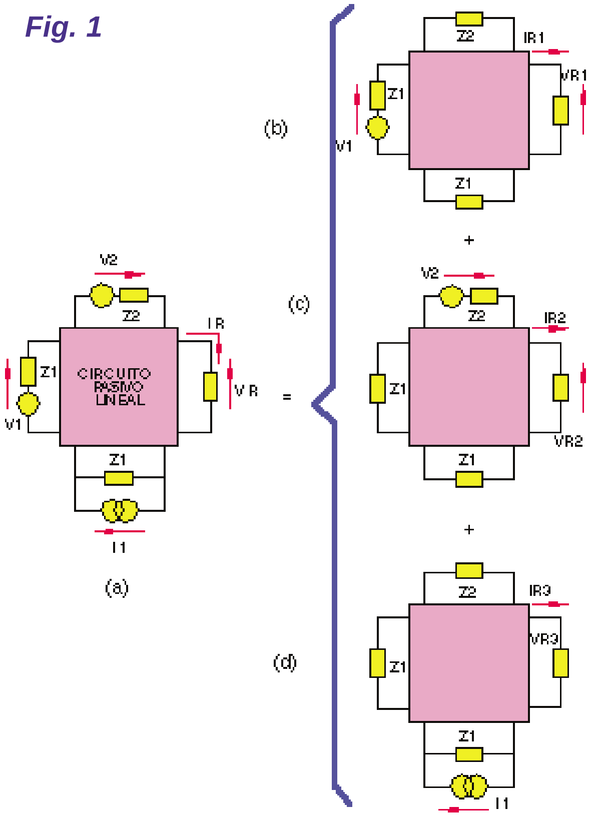
Por lo tanto:

$$I' = (12V\ /\ 4{,}819\Omega) = 2{,}49A$$

El resto de las incógnitas las calculamos en base a la caída de tensión entre E y C.

$$I'_2 = \frac{V_{EC}}{Zi_2 + Z_3}$$

Fig. 1



Reemplazando valores (y teniendo en cuenta que VEC = I1 . Z'p):

$I'_2 = 1{,}606A$

De la misma forma:

$I'3 = VEC / 4\Omega = 0{,}884A$

Debemos ahora, desconectar el generador de 12V. El circuito correspondiente es el de la figura 2c. Nuevamente hemos asignado a las corrientes los sentidos más probables, que no tienen por qué coincidir con los atribuidos en el paso anterior, pues estas corrientes parciales no son las mismas.

Haciendo los cálculos correspondientes, la impedancia total será ahora:

$Z'' = 4{,}04\Omega$

Y la corriente **I"$_2$**:

$I''_2 = (V_2 / Z'') = 1{,}981A$

Repitiendo los cálculos anteriores, se tiene:

$$I''_2 = \frac{V_{EC}}{Z_1 + Zi_1} = 1{,}071A$$

$$I''_3 = (V_{EC} / 4\Omega) = 0{,}91A$$

Por último, las corrientes totales debidas a la acción simultánea de las excitaciones **V$_1$** y **V$_2$** serán:

$I_1 = I'_1 + (-I''_1) = (2{,}49 - 1{,}071) = 1{,}419\ A$

$I_2 = (-I'_2) + I''_2 = (-1{,}606 + 1{,}981) = 0{,}375\ A$

$I_3 = I'_3 + I''_3 = (0{,}884 + 0{,}91) = 1{,}794\ A$

La caída de tensión entre E y C:

$V_{EC} = I_3 \cdot 4\ \Omega = 7{,}18\ V$

Se puede comprobar que los resultados obtenidos coinciden en los dos métodos de resolución utilizados.

Recuerde que la electrónica podría considerarse un "lenguaje", tal como el castellano, inglés, francés etc.; luego, cualquier acción que Ud. piense puede ser resuelta electrónicamente y para ello debe conocer los teoremas y leyes que la rigen.

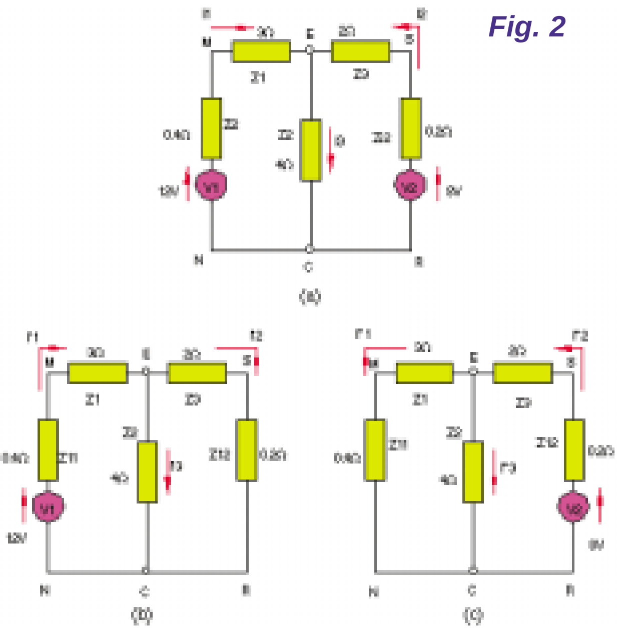


Fig. 2

TEOREMA DE THEVENIN

La experiencia diaria nos demuestra que entre dos puntos cualesquiera de un circuito existe una cierta tensión e impedancia. Lo hemos comprobado muchas veces, al intentar intercalar o **"colgar"** algún elemento en el circuito, con resultados diversos según sean los puntos elegidos.

Esta característica de los circuitos fue estudiada por Helmholtz en 1853 y por M. L. Thevenin treinta años después. Este último formuló el teorema que lleva su nombre y que simplifica el análisis de los circuitos al permitir la construcción de circuitos equivalentes a los dados. El teorema de Thevenin establece lo siguiente:

Cualquier dipolo (circuito de dos terminales) compuesto por elementos pasivos lineales y fuentes de energía que alimenta una carga arbitraria formada por componentes pasivos se puede reemplazar por la combinación en serie de un generador ideal V$_T$ equivalente y una impedancia "interna del generador" Z$_T$.

Lo dicho se puede graficar tal como se demuestra en la figura 3, donde VT y ZT deben cumplir las siguientes condiciones:

- ***V$_T$*** *es la tensión que se obtiene entre los terminales del circuito cuando se desconecta la carga (tensión a circuito abierto).*
- ***Z$_T$*** *es la relación entre la tensión a circuito abierto y la corriente de cortocircuito entre A y B. También se puede decir que es la impedancia que se "observa" entre los terminales del circuito cuando se desactivan todos los generadores que éste contiene y se desconecta además la carga. Recordemos que al desactivar los generadores se los debe reemplazar por sus respectivas impedancias internas.*

La figura 3 es la definición del teorema de Thevenin. En lo que respecta a la carga **Z$_L$**, el circuito de la parte b) es el **equivalente** del de la parte a).

Podemos considerar que si los dos circuitos de la figura 3 son equivalentes para cualquier valor de la impedancia de carga, también deberán serlo para valores extremos, tales como **Z$_L$ = ∞** y **Z$_L$ = 0**, por lo cual es válido lo enunciado en la figura 4.

- El valor **Z$_L$ = ∞** corresponde a la condición de circuito abierto. En la figura 4a se observa que al

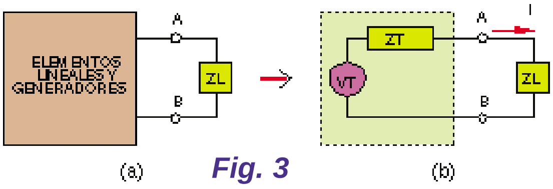


Fig. 3

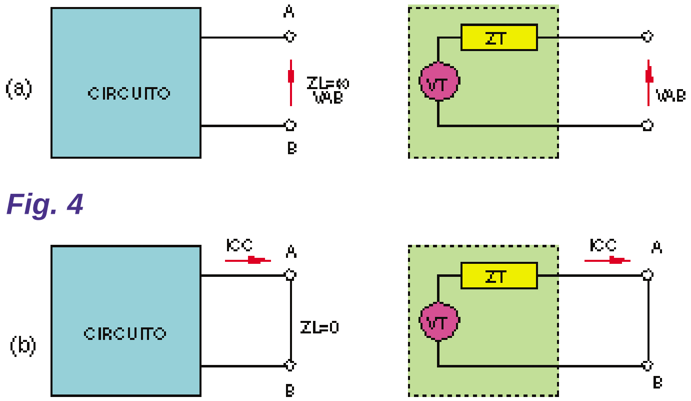


Fig. 4

comparar el circuito dado con su equivalente, resulta:

Tensión a circuito abierto del circuito original = V_T

- El valor **$Z_L = 0$** significa condición de cortocircuito. De la inspección de la figura 4b surge que:

$$Z_T = \frac{V_T}{I_{CC}} \qquad (8)$$

Quedan definidos de esta forma los elementos que conforman el circuito equivalente de Thevenin.

Una demostración algo más formal del teorema resulta de aplicar al circuito los principios de superposición (ya visto), y de sustitución (que se tratará más adelante en el capítulo):

- Si en el circuito de la figura 3a se retira la carga y se coloca un generador de corriente (figura 5a), de igual valor que la corriente **I_L** que circulaba por la carga, la tensión entre los terminales A-B no se altera (principio de sustitución). Esta tensión será:

$$V_1 = I_L \cdot Z_T$$

donde **Z_T** es la impedancia que presenta el circuito sin carga entre los terminales A y B (tengamos en cuenta que el generador auxiliar de corriente conectado tiene impedancia interna infinita).

- Si se eliminan luego los generadores del circuito, se tendrá entre dichos terminales una tensión **V_1** diferente (figura 5b).

- Finalmente, si se conectan nuevamente todos los generadores y se desconecta la carga y el generador de corriente auxiliar colocado previamente, se medirá una tensión **V_T**, tal como indicamos previamente.

- Superponiendo ambas tensiones, en virtud del principio de la superposición, obtendremos:

$$V_{AB} = V_T + V_1 = V_T - I_L \cdot Z_T$$

Esta expresión corresponde al enunciado del teorema de Thevenin, que queda así demostrado. Para la carga de la figura 3, el circuito se resuelve, una vez hallado el equivalente de Thevenin, mediante la expresión:

$$I = \frac{V_T}{Z_T + Z_L} \qquad (9)$$

Podemos mencionar asimismo en relación al teorema de Thevenin que:

- Su importancia radica en que permite representar circuitos activos por medio de modelos equivalentes más sencillos.

- Los circuitos complejos pueden considerarse como "cajas negras" si se dispone de dos terminales accesibles.

- Para aplicarlo se supone que el circuito y la carga están aplicados directamente, es decir, no debe existir un acoplamiento magnético.

- El teorema vale también para los circuitos lineales variables en el tiempo, aunque en este caso su aplicación es más complicada.

Los pasos que debemos seguir para la aplicación del teorema de Thevenin en un circuito como el de la figura 3 son los siguientes:

1). Desconectamos la sección del circuito conectada a los terminales de interés (en nuestro caso, la impedancia de carga **Z_L**).

2). Determinamos la tensión entre los terminales que quedaron libres (midiendo o por cálculo). Se obtiene así **V_T**.

3). Reemplazamos en el circuito cada generador por su impedancia interna (un generador de tensión ideal se reemplaza por un cortocircuito y uno real por una impedancia pequeña, un generador de corriente ideal por un circuito abierto y uno real por una impedancia muy grande).

4). Una vez efectuados estos reemplazos, medimos o calculamos la impedancia que la carga "ve mirando hacia atrás" dentro del circuito. Esta será **Z_T**.

Ejercicio:

Sea el circuito de la figura 2, que ya fue resuelto mediante las leyes de Kirchhoff y el teorema de superposición.

Calcularemos en este caso, la corriente en Z_3.

Para ello, debemos realizar los dos pasos que permiten calcular los elementos del equivalente de Thevenin:

a) Para el cálculo de V_T sea el circuito de la figura 6.

- De la 2^{da}. ley de Kirchhoff deducimos que, observando el circuito desde los terminales E y S tenemos la tensión:

$$V_T = V_{ES} = V_{EC} - V_2 \qquad (10)$$

(no hay caída de tensión en la

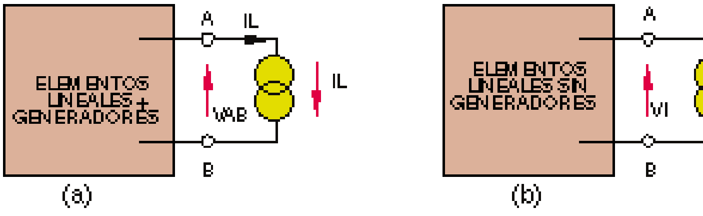
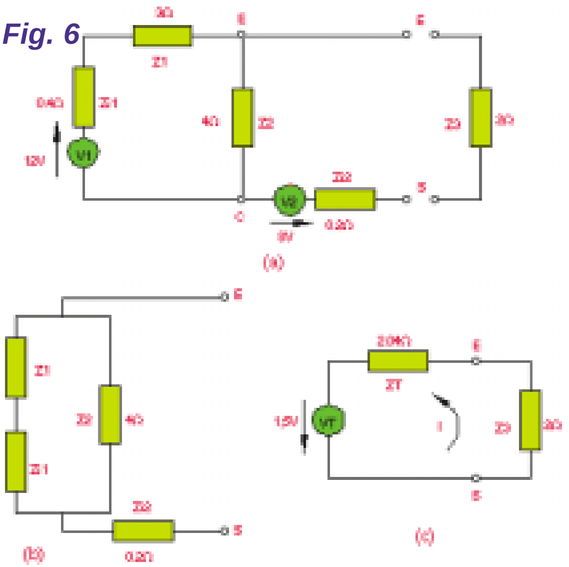

ELEMENTOS LINEALES + GENERADORES
A
IL
VAB
IL
B
(a)
ELEMENTOS LINEALES SIN GENERADORES
A
VI
IL
B
(b)

Fig. 5

Fig. 6



impedancia interna del generador de V_2 porque esa parte del circuito está abierta).

- La tensión entre C y D se calcula considerando la malla N-M-E-C-N, como el producto de la corriente de la malla por la impedancia Z_2:

$$V_{EC} = I \cdot Z_2 \qquad \textbf{(11)}$$

$$V_{EC} = \frac{V_1}{Zi_1 + Z_1 + Z_2} \cdot Z2 = 6{,}50V$$

- Podemos calcular ahora $\mathbf{V_T}$ con la (10):

$$V_T = V_{ES} = 6{,}50 - 8 = -1{,}50\ V \qquad \textbf{(12)}$$

b) Calculemos ahora la impedancia Z_T

La figura 6b muestra el circuito para las condiciones en que se debe calcular Z_T, es decir, se desactivaron las fuentes y se dejaron en el circuito solamente sus impedancias internas. Se observa la impedancia desde los terminales de la carga (Z_3 en este caso).

- La impedancia entre los puntos E y S es igual a la suma de $\mathbf{Z_{i2}}$ y la combinación en paralelo de $\mathbf{Z_2}$ y la serie de $\mathbf{Z_1}$ y $\mathbf{Z_{i1}}$.

Analizando el circuito y planteando las ecuaciones correspondientes, se calcula:

$$Z_T = 2{,}04\Omega$$

c) Debemos ahora, resolver el circuito, para ello, el circuito equivalente obtenido se muestra en la figura 6c.

- De acuerdo a la ecuación (9), que surge de la segunda ley de Kirchhoff, tenemos:

$$I = \frac{V_T}{Z_T + Z_3} = 0{,}375\Omega$$

Aplicando el teorema de Thevenin hemos obtenido los mismos resultados que anteriormente por utilización directa de las leyes de Kirchhoff y el principio de superposición.

TEOREMA DE NORTON

El enunciado es el siguiente:

"Cualquier dipolo activo, es decir, un circuito compuesto por elementos pasivos y generadores, de dos terminales accesibles, vista desde dichos terminales, se puede reemplazar por un equivalente formado por un generador ideal de corriente constante I_N en paralelo con una admitancia interna Y_N".

donde:

- I_N es la corriente de corto circuito en los terminales del circuito en cuestión.
- Y_N es la relación entre la corriente de cortocircuito y la tensión a circuito abierto.

Al igual que el teorema de Thevenin, permite transformar cualquier circuito en un divisor, de corriente en este caso, que facilita la resolución.

La figura 7 indica la equivalencia postulada por el teorema de Norton.

Si los circuitos de la figura 7 son equivalentes para cualquier valor de la admitancia de carga $\mathbf{Y_L}$, también lo serán para valores extremos tales como:

- $\mathbf{Y_L = \infty}$, que corresponde a la condición de cortocircuito.
- $\mathbf{Y_L = 0}$, que equivale a un circuito abierto.

De la observación del circuito surge que:

- La corriente de cortocircuito $\mathbf{I_{cc}}$ del circuito original es $\mathbf{I_N}$ del modelo equivalente (figura 8a).
- La tensión de circuito abierto $\mathbf{V_{ca}}$ del circuito original es igual al cociente entre $\mathbf{I_N}$ e $\mathbf{Y_N}$ del modelo equivalente (figura 8b).

Es decir:

$$I_N = I_{cc} \qquad \textbf{(14)}$$

$$Y_N = I_N / V_{CA} \qquad \textbf{(15)}$$

Con esto quedan definidos los parámetros del circuito equivalente de Norton.

De la comparación con el teorema de Thevenin tratado en la sección anterior surge que:

$$Z_N = 1 / Y_N$$

Volviendo al circuito original de la figura 7, podemos decir que la tensión entre los terminales A y B cuando está conectada la carga $\mathbf{Y_L}$ es:

$$V_{AB} = \frac{I_N}{Y_N + Y_L}$$

De la misma manera, podemos decir que la corriente en la carga $\mathbf{I_L}$ será:

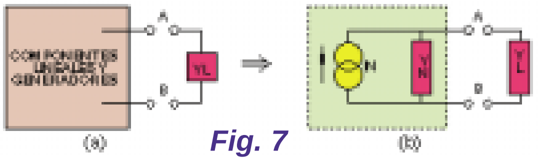


Fig. 7

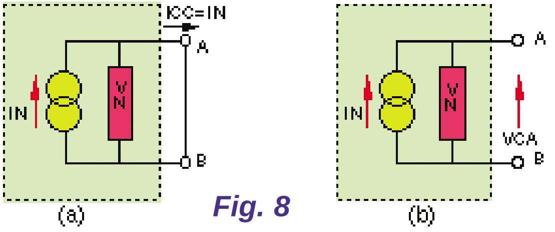


Fig. 8

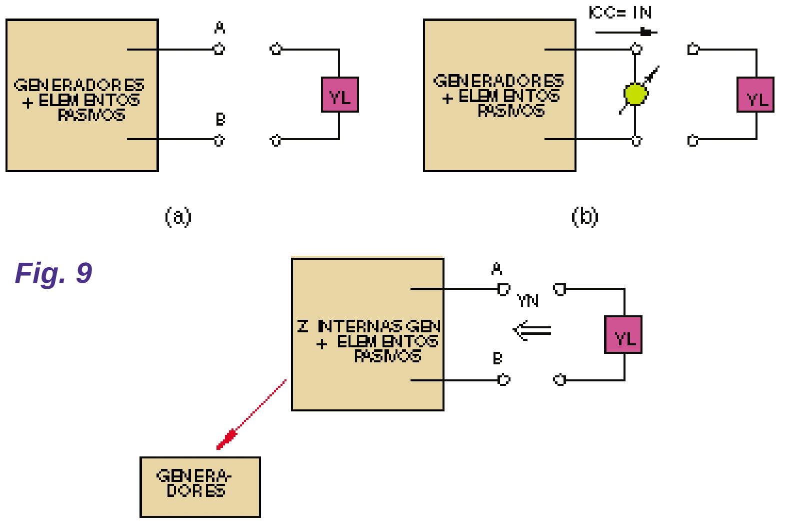

A
B
GENERADORES + ELEMENTOS PASIVOS
YL
(a)
ICC= IN
GENERADORES + ELEMENTOS PASIVOS
YL
(b)
Z INTERNAS GEN + ELEMENTOS PASIVOS
A
YN
B
YL
GENERADORES

Fig. 9

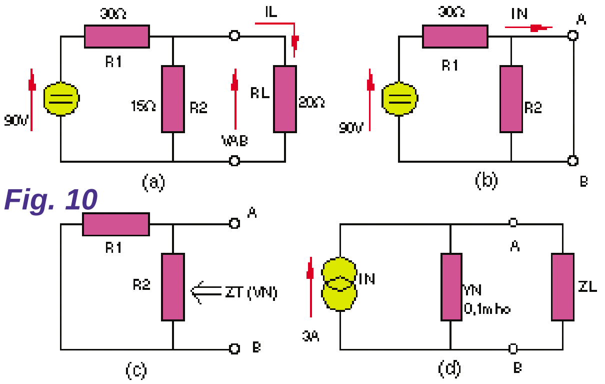


Fig. 10

$$I_L = \frac{I_N \cdot Y_L}{Y_L + Y_N} = \frac{I_N \cdot Z_T}{Z_T + Z_L} =$$

Como ya hemos dicho al comenzar el tratamiento de este tema, la expresión de la impedancia como la inversa de la admitancia, es un ejemplo de la dualidad que existe entre ciertos modelos circuitales. Lo que pudimos expresar en función de la **tensión y la impedancia de Thevenin** podemos formularlo también considerando la **corriente y admitancia de Norton**.

La utilización de uno u otro teorema dependerá del tipo de configuración del circuito a resolver. Según sea dicha estructura, será más conveniente el empleo de modelos con generadores de tensión (Thevenin) o de corriente (Norton) a fin de lograr su simplificación.

Los pasos que deben seguirse para resolver un circuito como el de la figura 9 mediante el teorema de Norton son los siguientes:

1. Desconectamos la sección del circuito conectada a los terminales que nos interesan (en este caso, se desconecta la carga Y_L de los puntos A y B) (figura 9a)

2. Determinamos (por cálculo o medición) la corriente que circularía a través de un conductor colocado entre los terminales de interés (A y B). Esta corriente con la salida en cortocircuito es la corriente de Norton I_N (figura 9b).

3. Retiramos el corto de los terminales A y B. Reemplazamos cada generador que esté dentro del circuito por su impedanci interna (figura 9c).

4. Una vez efectuados los reemplazos, medimos o calculamos la admitancia (o impedancia) que vería la carga "mirando hacia atrás" (lo mismo que se hizo para el teorema de Thevenin). La admitancia obtenida es la de Norton Y_N (o la impedancia de Thevenin Z_T).

5. Para construir el circuito equivalente conectamos un generador ideal de corriente constante I_N en paralelo con una admitancia Y_N (o impedancia Z_T si se quiere). Conectamos también en paralelo la carga original Y_L (figura 8b).

6. Aplicamos las ecuaciones vistas para resover el circuito.

Ejercicio

Resolveremos por el teorema de Norton el circuito de la figura 10a. La incógnita es la corriente y caída de tensión en la carga R_L.

a) Quitamos la carga y calculamos la corriente $\mathbf{I_N}$ con los terminales A y B en cortocircuito.

De la figura 10b deducimos que:

$$I_N = V / R_1 = 3A$$

Recuerde que para este caso, **R_2** está cortocircuitada.

b) Retiramos el corto y dejamos los terminales A y B a circuito abierto. Reemplazamos el generador de V_1 por su impedancia interna (en este caso un cortocircuito porque suponemos que es un generador ideal), (figura 10c).

Calculamos la impedancia vista desde los terminales A y B en estas condiciones: Resulta ser el paralelo de R_1 y R_2.

$$Z_T = \frac{Z1 \cdot Z2}{Z1 + Z2} = 10\Omega$$

c) Construimos el circuito equivalente de Norton (figura 10d). La corriente en la carga será:

$$IL = \frac{IN \cdot ZL}{ZL + ZT} = 1A$$

Y la tensión:

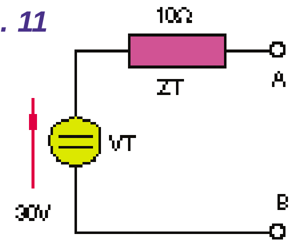
$$V_{AB} = I_L \cdot R_L = 1\ A \cdot 20\ \Omega = 20\ V$$

d) Si deseamos desarrollar el circuito equivalente de Thevenin del ejemplo, se puede determinar fácilmente de acuerdo a la tabla de dualidad:

$$V_T = I_N \cdot Z_T = 3\ A \cdot 10\ \Omega = 30\ V$$

El circuito equivalente sería el de la figura 11. De esta forma, si se conoce uno cualquiera de los dos circuitos equivalentes, es muy sencilla la obtención del otro. Co-

Fig. 11



mo corolario del estudio de los teoremas de Thevenin y Norton hemos deducido otro postulado de aplicación general: Todo generador **V** de impedancia asociada **Z** se puede sustituir por un generador de corriente **I** equivalente de admitancia asociada **Y**, tales que:

$I = V / Z$

$Y = 1 / Z$

Gracias a este principio, podemos elegir entre un generador de corriente o uno de tensión ideales para representar un generador real a fin de analizar un circuito.

Hemos visto hasta ahora varios métodos de resolución general de circuitos. En cada caso particular, deberá considerarse cuál es el método más sencillo de acuerdo al tipo de circuito. Por ejemplo, si se resuelve el circuito de la figura 2 mediante el método de Norton, se descubrirá que en realidad es más rápido y fácil hacerlo por el teorema de Thevenin.

Manejo y Operación del Frecuencímetro

¿Qué es un Frecuencímetro?

Los circuitos de las videograbadoras, televisores y equipos de audio cuentan con osciladores y cristales que deben trabajar a frecuencias muy específicas para un funcionamiento adecuado. Y aunque el osciloscopio permite calcular un valor aproximado de la frecuencia, hay ajustes tan precisos que en ocasiones resulta inadecuado, requiriéndose necesariamente de un aparato especial para la medición de los valores exactos de las frecuencias.

En la medición de frecuencias con el osciloscopio, es necesario encontrar primeramente el valor del periodo de la señal sujeta a observación, para posteriormente encontrar el recíproco que determina finalmente la frecuencia. Sin embargo, suge un problema cuando se intentan mediciones de alta precisión, ya que para el osciloscopio, una señal de alta frecuencia aparenta el mismo periodo, aunque la propia frecuencia muestre variaciones considerables dentro de un cierto rango. Precisamente en estos casos y por otras situaciones, para ciertos ajustes y calibraciones es indispensable disponer de un aparato que permita la medición exacta de la frecuencia de la señal sujeta al análisis.

El frecuencímetro es, como su nombre lo indica, un instrumento que permite ver de manera directa la frecuencia de una señal determinada, a través de una serie de displays de 7 segmentos (figura 1).

Su manejo es relativamente sencillo, ya que prácticamente lo único que debemos hacer es conectar la punta de prueba en el sitio adecuado, elegir la escala de frecuencias apropiada a la medición específica y fijar la frecuencia de muestreo. En la actualidad, incluso ya existen aparatos que automáticamente se colocan en las escalas correctas para una medición en particular, por lo que sólo basta con efectuar las conexiones y consultar el dato desplegado.

Consejos para la elección de un frecuencímetro

Las principales características que debe cumplir un frecuencímetro para el tipo de mediciones y ajustes que se requieren en el servicio electrónico son las siguientes:

- ***Su frecuencia máxima debe ser de por lo menos 150MHz.***
- ***Debe tener la posibilidad de variar la frecuencia de muestreo en 0.01, 0.1, 1 y 10 segundos.***
- ***Debe incluir entrada coaxial con punta de prueba adecuada.***
- ***Debe brindar la posibilidad de "congelar" una medición determinada.***
- ***Su display debe poseer 7 u 8 dígitos.***

Principio de Operación del Frecuencímetro

La manera en que opera un frecuencímetro se describe enseguida, con apoyo en la figura 2, en la cual se muestra el diagrama a bloques de un instrumento de este tipo.

Observe que a la entrada se tiene un filtro paso-altas que, permitiendo solamente el paso de la componente de alterna de la señal a medir, bloquea cualquier voltaje de DC sobre el que pudiera ir montada. A continuación se encuentra un amplificador que trabaja en modo saturación, es decir, amplifica la señal de tal forma que a su salida se tiene un tren de pulsos con una frecuencia idéntica a la que se observa en la señal original (aunque se ha perdido por completo la forma y la amplitud, como se puede ver en la misma figura). De hecho, este amplificador se puede concebir como una especie de limitador similar a los que se emplean en la recepción de FM.

Una vez que la señal original se ha convertido en un tren de pulsos, pasa por una serie de circuitos contadores, los cuales, como su nombre lo indica, se encargan de computar cada pulso que entra e incrementar correlativamente su salida en una unidad. Estos contadores, a su vez, reciben un pulso de reset que proviene de un circuito temporizador especial; sus salidas retornan a cero cada vez que lo reciben, así quedan en condiciones de reiniciar el conteo. De esta manera, el aparato es capaz de

Fig. 1

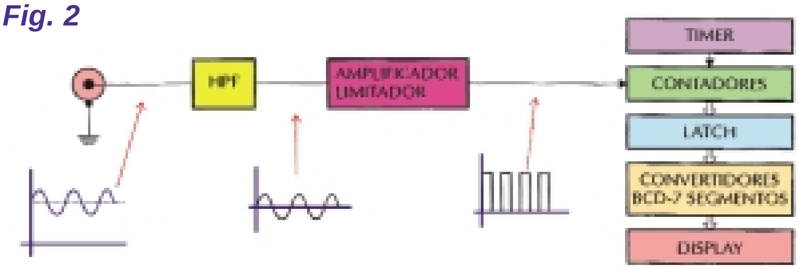
Frecuencímetro con capacidad para medir frecuencias en un rango de 10 a 520 MHz, marca Leader, Modelo LDC-824.

detectar las variaciones de frecuencia que pudiera sufrir la señal de entrada.

Por supuesto que la lectura de un display que mostrara cambios constantes resultaría muy incómoda para el usuario; por esta razón, a la salida de los contadores se incluye un circuito latch, el cual, cada vez que se recibe el pulso de reset, toma la lectura de los mismos contadores y la expide hacia varios circuitos convertidores BCD-7 segmentos, los que finalmente excitan a los displays, entonces muestran una lectura estable y clara.

El punto que realmente define la calidad y precisión de un frecuencímetro, es justamente el circuito timer que genera los pulsos de reset, los cuales se deben expedir a una frecuencia exacta de 1Hz para que los displays muestren rigurosamente el total de pulsos que se reciben durante un segundo, lo cual equivale a la frecuencia de la señal de entrada. Y en caso de que la medición sea muy grande para la capacidad de los displays, se puede elegir la posibilidad de que los pulsos de reset se generen cada 1/10 de segundo, por lo que la cantidad desplegada tendrá que ser multiplicada por 10 e inclusive se puede dar acceso a pulsos de reset cada 1/100 ó 1/1.000 de segundo, en cuyo caso también deberá efectuarse la multiplicación correspondiente. Y estas opciones en la frecuencia de los pulsos de reset corresponden a sendas escalas que se pueden elegir en la carátula del contador, dependientes de la precisión requerida en la medición específica.

Fig. 2



APLICACIONES DEL CONTADOR DE FRECUENCIA

Ya sabemos que el frecuencímetro se aplica siempre que sea necesario conocer la frecuencia de operación de un circuito determinado y realizar por consecuencia el ajuste requerido. Concretamente, en el servicio a equipos de audio y video las aplicaciones de este instrumento se pueden agrupar en la forma que se muestra en la tabla 1.

En la figura 3 se muestra la carátula de un frecuencímetro marca GoldStar, modelo FC-2015. Como puede ver su aspecto es muy similar al que mostramos en un principio, sólo que ahora las teclas de selección de escala han sido sustituidas por unos controles de arriba/abajo, lo cual hace aún más sencilla su operación. Note también que posee 8 dígitos, lo que permite realizar mediciones de hasta 99.999.99Hz con una precisión de ±1Hz. Este frecuencímetro en particular es de una frecuencia máxima de operación de "sólo" 150MHz, aunque resulta suficientemente para las aplicaciones de un taller de servicio.

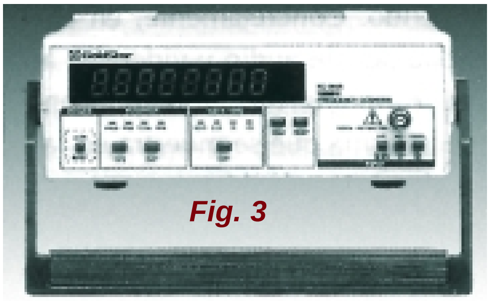


Fig. 3

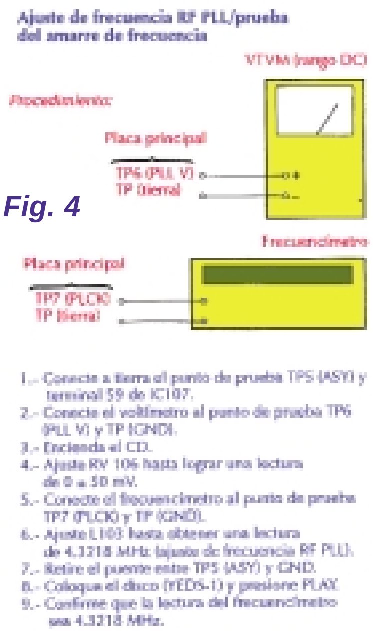
Mediciones en Audio y Video

Para concluir esta lección, vamos a explicar cómo utilizar el frecuencímetro en algunas mediciones comunes en el servicio electrónico. Por ejemplo, sabemos que el oscilador de croma que se incluye en todos los televisores y videograbadoras debe trabajar a una frecuencia de 3,58MHz; sin embargo, al consultar los manuales de servicio, encontramos que la frecuencia exacta de oscilación es de 3.579.545Hz, con una tolerancia de ±20Hz, es decir, cualquier valor entre 3.579.525 y 3.579.565 se considera correcto para este oscilador. Pues bien, se trata de un ajuste de muy alta precisión, porque si pretendiera efectuarse con el osciloscopio, los errores de lectura (prácticamente inevitables) enmascararían cualquier variación que estuviera ligeramente fuera del rango especificado. Por tal razón, este tipo de ajustes deberá realizarse forzosamente con un frecuencímetro.

Para comprobar que este cristal trabaje dentro de su rango correcto, debe conectarse una de sus terminales directamente al frecuencímetro, con la opción que permite obtener el dato de frecuencia en Hz, seleccionada. Si la conexión está bien hecha, en el display debe aparecer la frecuencia a la que os-

EQUIPO	MEDICION
TV Color	Ajuste del oscilador de croma
	Comprobación del reloj del microprocesador
	Frecuencia horizontal y vertical
Video	Ajuste del oscilador de croma
	Comprobación del reloj del microprocesador
	Frecuencia de la señal Y-FM REC
Audio	Ajuste de velocidad en decks
	Reloj del microprocesador
CD	Reloj del microprocesador
	Ajuste PLL
	Frecuencia de señal RF

Tabla 1



Ajuste de frecuencia RF PLL/prueba del amarre de frecuencia

1.- Conecte a tierra el punto de prueba TP5 (ASY) y terminal 59 de IC107.
2.- Conecte el voltímetro al punto de prueba TP6 (PLL V) y TP (GND).
3.- Encienda el CD.
4.- Ajuste RV 106 hasta lograr una lectura de 0 a 50 mV.
5.- Conecte el frecuencímetro al punto de prueba TP7 (PLCK) y TP (GND).
6.- Ajuste L103 hasta obtener una lectura de 4.3218 MHz (ajuste de frecuencia RF PLL).
7.- Retire el puente entre TP5 (ASY) y GND.
8.- Coloque el disco (YEDS-1) y presione PLAY.
9.- Confirme que la lectura del frecuencímetro sea 4.3218 MHz.

Fig. 4

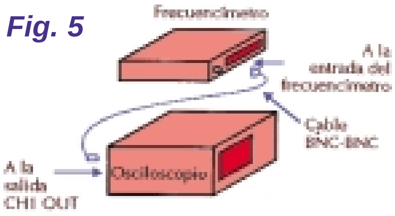


Fig. 5

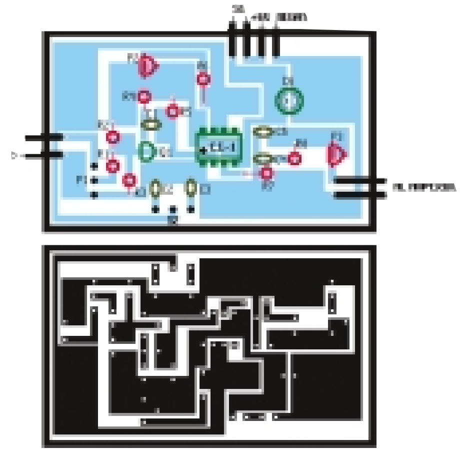
cila el cristal, lo que le permitirá a usted realizar un ajuste de forma muy precisa, así se asegura de que el valor aludido se encuentra dentro de la tolerancia indicada. Es obvio, entonces, que el reloj de croma mostrado en la figura anterior necesita de un pequeño ajuste para encontrarse dentro de las especificaciones. Otra aplicación común del frecuencímetro es la siguiente; en algunos reproductores de CD existe un ajuste llamado PLL, en el cual hay que fijar una frecuencia de oscilación dentro de parámetros muy precisos. Los fabricantes indican que este valor debe ser exactamente de 4,3218MHz, con una tolerancia de ±25Hz, por lo que debe conectarse el frecuencímetro al punto de prueba indicado (observe la figura 4), a fin de chequear mediante los displays que se cumpla cabalmente dicho valor; en caso contrario, se tendrá que efectuar el ajuste requerido para que esta frecuencia se verifique y el aparato trabaje adecuadamente.

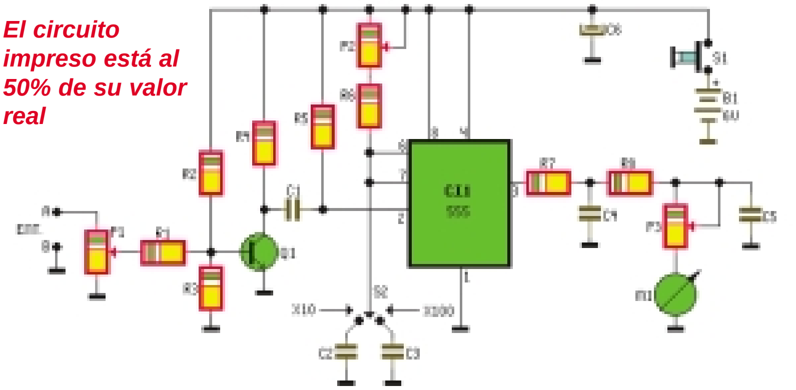
También hay ocasiones en las que ciertas señales que deben medirse son muy débiles, por lo que los amplificadores internos del frecuencímetro no son suficientes para generar el tren de pulsos necesario en el conteo. En tal caso, se puede combinar el osciloscopio con el frecuencímetro para lograr mediciones adecuadas, entonces se colocará tan sólo una punta de prueba. De hecho, en algunos osciloscopios modernos existe en su parte posterior una salida BNC, que corresponde justamente a una salida analógica equivalente a la señal expedida por uno de los canales del aparato (A, por lo general). Si se conecta por medio de un cable esta salida con la entrada del frecuencímetro (figura 5), bastará que en la pantalla del osciloscopio se tenga una señal que sea observable (que abarque, por lo menos, dos cuadros de altura) para que el contador sea capaz de manejar dicha señal y expedir su frecuencia sin problemas. Lo interesante de este arreglo es que tan sólo se tiene la punta de prueba del osciloscopio en el sitio de interés y éste se comunica directamente con el frecuencímetro para que en ambos aparezca simultáneamente la medición.

Por último, en la figura 6 se muestra el circuito de un frecuencímetro para audio de buen desempeño.

CI1 - 555 - circuito integrado temporizador.
Q1 - BC548 o equivalente - transistor NPN de uso general.
R1, R6 - 10kΩ
R2 - 220kΩ
R3, R5 - 47kΩ
R4 - 12kΩ
R7 - 8k2
R8 - 1kΩ
P1 - 100kΩ - potenciómetro
P2 - 100kΩ - Trimpot
P3 - 47kΩ - Trimpot
C1, C5 - 0,1µF- cerámico o poliéster
C2, C4 - 0,01µF - cerámico o poliéster
C3 - 0,001µF - cerámico o poliéster
C6 - 100µF/12 V - electrolítico
M1 - Microamperímetro 0-200µA
S1 - Interruptor simple
S2 - llave de 1 polo x 2 posiciones
B1 - 6V - 4 pilas pequeñas.

Fig. 6





El circuito impreso está al 50% de su valor real

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Oscar Montoya Figueroa

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

La Computadora

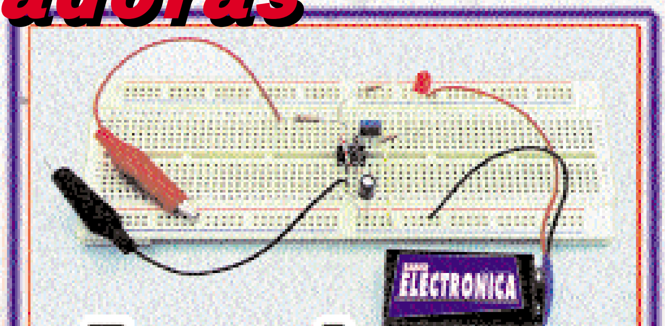
18

El Mundo de la Electrónica

El Hardware de una Computadora

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

La Electrónica de las Computadoras



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 18

LA COMPUTADORA

Definición de computadora........................275
Antecedentes de las computadoras personales ..275
Las computadoras personales en los ‘70............276
El surgimiento de la IBM PC...............................276
La plataforma PC 277
Generaciones de computadoras PC 278

EL HARDWARE DE LA COMPUTADORA

Autotest de funcionamiento.....................279
El primer autotest..................280
El disco de inicialización 281
El proceso de la inicialización.....282
Conexión de periféricos.......284
Cómo funciona el plug and play....................284
Instalación del sistema plug and play.......................285

LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS DE LA PC

Funcionamiento de un transistor.............................285
Funcionamiento de una memoria RAM..........286
Cómo se escriben los datos en una RAM................286
Cómo se leen los datos desde una RAM 287
Cómo funciona un microprocesador 287
El microprocesador 288

Cupón Nº 18
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 18

La Computadora

Definición de Computadora

Una computadora es una máquina diseñada para procesar información, de acuerdo a un conjunto de instrucciones llamado programa.

Hay otros aparatos electrónicos que procesan información de acuerdo a una serie de actividades predeterminadas en su diseño. Por ejemplo, la videograbadora es una máquina que recupera la información grabada en la cinta magnética, la procesa ya convertida en una señal eléctrica y la envía al televisor, donde se despliega en forma de imágenes y sonidos. *¿Cuál es entonces la diferencia entre este aparato y la computadora?*.

La principal y más importante diferencia reside en que la videograbadora es una máquina construida para un propósito determinado, es decir, sus funciones están claramente estipuladas y no pueden ser alteradas más allá de un límite. En cambio, una computadora es una máquina de propósito general, porque su función concreta sí puede modificarse con sólo intercambiar el programa.

Usted sabe que la misma computadora sirve para llevar la correspondencia de la empresa, calcular las nóminas, controlar inventarios, jugar, etc. Cabe entonces plantearse una pregunta: *¿de qué depende que una misma máquina pueda ser tan flexible como para utilizarla en aplicaciones tan variadas, sin requerir de adaptación aparente?*... Ya lo mencionamos, depende del programa que ejecute en determinado momento.

Conceptualmente, una computadora puede ser dividida en tres secciones principales (vea la figura 1).

1) Unidad de sistema - Es el bloque en el que se realiza la mayor parte del trabajo de cómputo. En su interior se localiza la tarjeta principal o tarjeta madre, a la que van conectadas las tarjetas de interface para la comunicación con los dispositivos de almacenamiento (que también van en su interior) y los periféricos.

2) Periféricos de entrada de datos - Son aquellos elementos mediante los que el usuario se comunica con la unidad de sistema e introduce datos e instrucciones. Los más importantes son el teclado y el mouse.

3) Periféricos de salida de datos - Son aquellos dispositivos que permiten al usuario recibir de manera concreta los resultados del proceso informático, como son el monitor y la impresora.

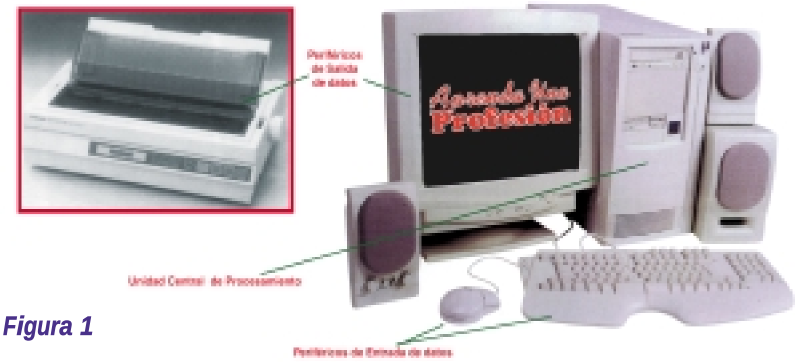

Periféricos de Salida de datos
Aprenda Una Profesión
Unidad Central de Procesamiento
Periféricos de Entrada de datos

Figura 1

A esta organización por bloques o módulos que dependen y se conectan a un bloque principal, la tarjeta madre, se le conoce como arquitectura modular, concepto de ingeniería revolucionario y muy poderoso que toma forma a nivel de estándar con el modelo PC de IBM, según explicaremos más adelante.

Antecedentes de las Computadoras Personales

Hacia 1940, Howard Aiken, un matemático de la Universidad de Harvard, diseñó una máquina que fue considerada como la primera computadora digital, porque trabajaba con estados lógicos y presentaba un principio de programación; esto es, la máquina podía adaptarse a distintas condiciones operativas por medio de instrucciones externas suministradas por el usuario. Sin embargo, se trataba de un rudimentario modelo construido con partes mecánicas, en el que la secuencia de instrucciones para la resolución de problemas debía ser alimentada a cada paso mediante un rollo de papel perforado.

No obstane, en 1945, el mismo Aiken construyó una computadora de programa almacenado, tomó como base los conceptos de John Von Neumann, uno de los matemáticos más notables del siglo. En este nuevo modelo las instrucciones eran almacenadas en una memoria interna, liberaba así a la computadora de las limitaciones de velocidad y le permtía resolver problemas sin tener que reiniciar la operación de la máquina.

Y aunque este planteamiento era sencillo en apariencia, en la práctica dio origen a toda una revolución en los procesos cibernéticos, pues sentó las bases teóricas para la construcción de máquinas de propósito general.

El rápido avance de la tecnología, permitió construir la primera computadora electrónica en 1946, en la Universidad de Pennsylvania. Esta máquina recibió el nombre de ENIAC, por las siglas de Electronic Numerical Integrator And Computer, utilizaba 18.000 válvulas de vacío y era capaz de efectuar varios cientos de multiplicaciones por minuto, lo que representaba una velocidad extraordinaria para la época.

El uso del transistor en los años 50, permitió no sólo compactar los diseños de las computadoras (que por entonces empezaron a ser vendidas entre las grandes empresas), sino también incrementar su versatilidad lógica.

En los años 60, con el desarrollo de los circuitos integrados, prosiguió esta tendencia hacia la compactación e incremento de la velocidad y capacidad informática de las comutadoras, a lo que se sumó un relativo abaratamiento. Pero además, esta nueva tecnología permitió incluir en una sola pastilla de silicio, los componentes que constituyen el núcleo de una computadora (la unidad lógica-aritmética **[ALU]**, los registros, los controles de direcciones, el timer, etc., secciones que originalmente se construían de manera independiente con dispositivos discretos), así dio origen a un revolucionario dispositivo que actualmente es la base de las computadoras personales: el microprocesador.

En 1969, Intel produjo un chip de memoria de 128 bytes, el de mayor capacidad en su época. Como Intel tuvo éxito en el diseño y manufactura de este integrado, una compañía japonesa fabricante de calculadoras, le solicitó producir 12 diferentes chips lógicos para uno de sus diseños. Como respuesta, los ingenieros de Intel, más que producir los 12 chips separados, decidieron incluir todas las funciones de éstos en una sola pastilla, de esta manera dio origen a un circuito multipropósito controlado por un programa, aplicable entonces a diversos modelos de calculadoras.

Esta idea representó, de hecho, la integración de las secciones de proceso de datos de una computadora en un solo chip, así viene a constituir el antecedente directo de los modernos microprocesadores. Justamente, el primer microprocesador, el 4004, fue introducido en 1971 y tenía una bus de datos de 4 bits. Posteriormente surgieron otros dispositivos, como el 8008 y el 8080, ambos de 8 bits, lanzados exitosamente al mercado por Intel en 1972 y 1973 respectivamente.

LAS COMPUTADORAS PERSONALES EN LOS 70

Según mencionamos, aunque las primeras computadoras electrónicas datan de finales de la Segunda Guerra Mundial y no obstante los progresos tecnológicos que permitieron una mejor capacidad de cálculo, menores dimensiones, gran almacenamiento de datos, mayor facilidad de uso, etc., prácticamente durante unos 40 años permanecieron limitadas a las grandes corporaciones, universidades y dependencias del gobierno, debido a los elevados costos de los equipos y a que su operación requería de una especialidad formal. No fue sino con el microprocesador, cuando surgieron las primeras computadoras de tipo personal, dirigidas más bien a un público estudiantil y aficionado.

Concretamente, gracias a la introducción del procesador 8080, un dispositivo 10 veces más rápido que el 8008 y con capacidad de direccionar 64kB de memoria, la empresa MITS introdujo en 1975 un kit que es en la actualidad considerado como la primera computadora personal: el modelo Altair.

Esta pequeña computadora incluía una arquitectura abierta (basada en ranuras o slots) que permitía conectar varios aditamentos y periféricos de otras marcas, y de hecho vino a inspirar a otras compañías a escribir programas para el usuario (incluido el sistema operativo CP/M y la primera versión de microsoft Basic), al que le evita la necesidad de dominar ciertos lenguajes de programación para escribir su propio software.

También son célebres diversos modelos de los años 70, como la Timex-Sinclair, la Atari, la Commodore 64, algunos diseños de IBM (poco exitosos y muy caros) y las Apple I y Apple II, de Apple Computer, empresa fundada por Steve Wozniak y Steve Jobs en un garage y que ha hecho historia junto con Microsoft, IBM, Sun y muchas más del mundo de la computación.

Hacia 1980 el mundo de las microcomputadoras estaba dominado básicamente por dos tipos de sistemas:

1) El Apple II, con un gran número de usuarios y una importante base de software que crecía rápidamente.

2) Un sistema más sencillo que giraba en torno al original MITS Altair, el cual se basaba en la filosofía de la compatibilidad, apoyado en slots de expansión y en el empleo del sistema operativo CP/M.

No obstante, eran máquinas construidas por varias compañías y se vendían con diversos nombres, aunque en esencia utilizaban el mismo software y el mismo hardware interconectable. Precisamente, dichos conceptos (que por entonces no fueron apreciados con toda su potencialidad) contribuyeron a sentar las bases para el surgimiento de la revolucionaria PC.

EL SURGIMIENTO DE LA IBM PC

Hacia fines de 1980, IBM decidió competir más agresivamente en el rápidamente creciente mercado de computadoras personales de bajo costo. Para ello, estableció en Florida una división

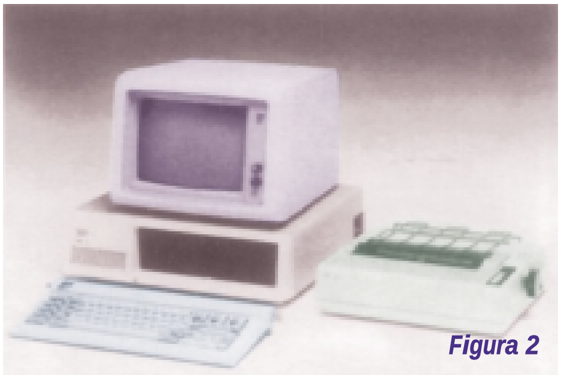


Figura 2

especial independiente, que no estuviera sujeta a la estructura burocrática que representaba la propia organización. Fue así como surgió la IBM PC (IBM Personal Computer), en agosto de 1981.

Gran parte del diseño de la PC estuvo influenciado por el Data Master, un modelo anterior de IBM, cuyo diseño se basaba en piezas sencillas, con display y teclado integrados en la unidad. Pero además, la IBM PC tuvo una considerable influencia de los estudios de mercado. Los diseñadores analizaron los estándares prevalecientes, aprendieron de los éxitos de aquellos sistemas e incorporaron en su diseño las características tecnológicamente más relevantes y de mayor difusión.

Con esto, la IBM pretendía aprovechar no sólo una cierta dinámica del mercado, sino también reunir en torno a su proyecto a fabricantes y diversas tecnologías ya existentes, para impulsar juntos una plataforma y establecer de manera definitiva un estándar.

Por ejemplo, contrató de manera externa los lenguajes y sistemas operativos; concretamente, llegó a un acuerdo con Microsoft, por entonces una pequeña compañía, para incluir su sistema operativo DOS en sus modelos (originalmente, IBM estableció contacto con Digital Research, creadora del sistema operativo CP/M y del actual dR-DOS, pero ambas empresas no llegaron a ningún acuerdo, pues se dice que el gigante azul tenía fama de imponer sus condiciones; además, el propietario de Digital no apreció las potencialidades del nuevo sistema, confiado en el gran éxito que habían tenido sus productos).

LA PLATAFORMA PC

Las características originales de la IBM PC fueron las siguientes; incluía un microprocesador Intel 8088, con 128KB de RAM (expandibles a 512KB), una unidad de disco flexible de 5,25 pulgadas y 360kB de capacidad (una segunda unidad era opcional). Y aunque la unidad de sistema incluía los circuitos para el manejo del monitor y el teclado, estos dispositivos se vendían por separado. Su precio inicial era de alrededor de 3.000 dólares, cifra que en la actualidad puede parecer excesiva, pero que en aquella época resultaba reducida en comparación con máquina de desempeño similar.

En realidad, el modelo IBM PC no duró mucho en el mercado, puesto que en poco tiempo se le incorporaron varias mejoras, consistentes sobre todo en un mejor manejo de memoria (la cantidad máxima permisible aumentó hasta 1MB, aunque sólo se aprovecharon los 640kB iniciales) y en la posibilidad de incluir un disco duro de 10MB (equivalentes a casi 30 discos de 360kB). Como resultado de estas pequeñas variantes, el estándar tomó el nombre de ***IBM PC-XT (Personal Computer-Extended Technology)***; sin embargo, también aprovechaba los microprocesadores de 16 bits y cumplía con la princiapal virtud de la plataforma: su arquitectura abierta. Figura 2.

Físicamente, la arquitectura abierta ha dependido de un bus expansión en la tarjeta madre al que se pueden conectar tarjetas y periféricos de otros fabricantes, siempre y cuando respeten el estándar. Esto permitió que compañías diversas dedicándose al ensamblado de sus propias máquinas, aprovecharan el mismo microprocesador, los mismos chips controladores, unidades de disco similares, etc. Y es así como surgen los llamados ***"clones" o "compatibles".***

Un clon es una computadora que en todos sus aspectos se comporta según el estándar establecido por la PC de IBM, pero sin la marca original y muchas veces con un precio muy moderado. Gracias a estas posibilidades, se abrió un panorama muy prometedor en la industria de la computación, a lo que contribuyó el desarrollo de la industria de software, mediante programas como procesadores de texto, hojas de cálculo, bases de datos, dibujo, imprenta de escritorio, juegos y otras categorías.

En la actualidad, cada vez es más difícil precisar el término ***"compatible"***, debido a que las diferencias que originalmente llegaron a existir han desaparecido conforme el desarrollo de las nuevas generaciones de computadoras PC, las cuales incluso han enriquecido al propio estándar de IBM. Sin embargo, de manera sencilla puede decirse que una computadora es compatible si es capaz de ejecutar los programas que se han diseñado para la IBM PC, si posee una estructura básica similar a la XT original y si los protocolos de comunicación interna cumplen con los requisitos del estándar.

Cabe mencionar que la plataforma PC no es la única, pero sí es la predominante por su amplia gama de aplicaciones, a diferencia de otros formatos como Macintosh, Sun, Amiga, Silicon Graphics, etc., cuya orientación en la práctica es más especializada, sobre todo en lo referente al tratamiento de gráficos.

De hecho, las máquinas PC o compatibles abarcan aproximadamente el 85% del mercado mundial de computadoras.

En resumen; se llama computadora PC o compatible a aquellas máquinas que están construidas siguiendo los lineamientos marcados por IBM y algunas

otras compañías que han contribuido a enriquecer el estándar y que son capaces de ejecutar sin problemas todos los programas que se han producido para esta plataforma.

Existen marcas muy reconocidas a nivel mundial, que por su solo nombre garantizan una total compatibilidad, entre las que encontramos a la propia IBM, Compaq, Acer, Dell, Digital Equipment, Hewlet Packard, etc.; sin embargo, las máquinas ensambladas con componentes independientes, como Printaform, Lanix, Mitac, etc. Generalmente aseguran una total compatibilidad.

GENERACION	MICROPROCESADOR	RAM TIPICA	UNIDAD DE DISQUETE TIPICA	DISCO DURO TIPICO	MONITOR TIPICO	PRESTACIONES TIPICAS
1ª	8088-8086	640KB	51/4 pulgadas, 360KB	20MB	TTL-CGA	Se populariza el concepto de arquitectura abierta, que permite incorporar a la plataforma dispositivos de otros fabricantes, incluido el propio sistema operativo (el DOS de Microsoft). Surgen las primeras aplicaciones formales para oficina, como Lotus 1-2-3 y WordStar.
2ª	80286	1-2MB	51/4 pulgadas, 1.2MB	40-80MB	EGA	Se extiende el uso del disco duro y se presentan innovaciones en los monitores para mejorar la resolución y permitir el manejo del color. Crece la base de software y el número de fabricantes de "clones" o compatibles que apoyan la plataforma.
3ª	386	2-4MB	31/2 pulgadas, 1,4MB	100-200 MB	VGA	Se desarrollan los ambientes gráficos (Windows de Microsoft y OS/2 de IBM) y se populariza el mouse. Comienzan a llegar a la plataforma PC programas que originalmente fueron diseñados para Macintosh (PageMaker, FrameMaker, Adobe Photoshop) y estacioens de trabajo (3D-Studio, AutoCAD, MathLab).
4ª	486	4-8MB	31/2 pulgadas, 1,4MB	200-300 MB	Súper VGA	Se populariza el concepto "multimedia" y se añade a la PC lector de CD ROM, tarjeta de sonido y bocinas. La plataforma PC comienza a ser utilizda en arquitecturas cliente-servidor en empresas pequeñas y medianas.
5ª	Pentium (586)	8-16MB	31/2 pulgadas, 1,4MB	500-1.000MB	Ultra VGA	La multimedia se convierte en el estándar de la plataforma. La PC comienza a sustituir estaciones de trabajo pequeñas.
6ª	Pentium Pro	16-32MB	?	Más de 1GB	Ultra VGA	¿Desaparece el DOS para dar paso a un sistema oeprativo gráfico, como Windows 95 y OS/2?

TABLA 1.1

Generaciones de Computadoras PC

Las computadoras PC han evolucionado al ritmo del desarrollo de los microprocesadores de Intel y de los clones derivados de las propias generaciones de estos circuitos. La primera PC, como ya mencionamos , incluía un circuito 8088, el cual era muy avanzado para su época, al permitir el manejo de datos e instrucciones a 16 bits (cuando lo común eran palabras de 8 bits) y una administración de memoria muy superior a la de los microprocesadores de otras compañías. Sin embargo, con el tiempo se mostraron diversas limitaciones para la expansión de la plataforma, precisamente en el aspecto del manejo de memoria, pues el 8088 sólo soportaba un máximo de 1MB de RAM, lo que en principio fue una magnitud extraordinaria.

El siguiente microprocesador que se empleó en las PC fue el 80286, el cual eliminaba la barrera de 1MB para llegar a la impresionante cantidad de 16MB. Esta característica, aunada a una mayor velocidad, periféricos más efectivos y mayor capacidad de proceso, permitió que la plataforma PC se convirtiera realmente en una plataforma alternativa de los sistemas informáticos avanzados.

La tercera generación de computadoras PC estuvo basada en el procesador 80386, el primero de 32 bits y con la capacidad de un manejo de memoria para la ejecución de dos o más aplicaciones simultáneas y sin interferencia mutua, característica conocida precisamente como ***"memoria protegida"***. En esta generación de microprocesadores se apoyaron los ambientes gráficos para su expansión, como el mundialmente famoso Windows de Microsoft y el OS/2 de IBM.

La cuarta generación de máquinas PC estuvo basada en el procesador 486, una variante mejorada del 386, con mayor velocidad y capacidad para manejo de datos y con un coprocesador matemático interconstruido (en las versiones DX), recurso que acelera notablemente determinadas aplicaciones (CAD, hoja de cálculo, etc.) que recurren a las operaciones de punto flotante. La generación vigente de las PC se apoya en el Pentium, dispositivo que mejora notablemente la estructura de 32 bits del 386 y 486 y que acelera la velocidad de procesamiento de datos, lo que ha acercado a la plataforma PC al desempeño de pequeños mainframes o estaciones de trabajo, computadoras muy sofisticadas para aplicaciones específicas. En 1997 aparecieron las primeras máquinas basadas en el procesador de Intel, el P6 o Pentium Pro, lo que sentó las bases para la sexta generación de computadoras PC.

En la tabla 1 se muestra un resumen de las características más importantes de las máquinas PC, según la generación del microprocesador empleado. Lógicamente, el incremento de prestaciones obedece al desarrollo de estos circuitos integrados.

El Hardware de una Computadora

Se puede decir que una computadora es una ***"colección sin vida de placas metálicas y plásticas, cables y pedacitos de silicio"***.

Al prender la máquina con la tecla Encender, una pequeña corriente eléctrica -de 3 a 5 volt de tensión, aproximadamente- desencadena una serie de fenómenos para que dicho conjunto de elementos que permanecía como un exagerado peso muerto, cobre mágicamente, vida.

Ya encendida, la PC inicia un ciclo bastante simple; un sensor primitivo verifica el funcionamiento de las partes instaladas, como si fuera un paciente que se recupera de un coma y desea comprobar si sus brazos y piernas responden eficazmente, pero no puede ni levantarse.

Una PC es un conjunto de piezas muertas que recobra vida cuando se la pone en marcha, y es capaz de ejecutar una tarea de acuerdo con las instrucciones dadas por el operador.

Una vez que se ha terminado el proceso de inicialización, la PC no hace algo útil, algo por lo que merezca juzgársela ***"inteligente"***. Cuando mucho, recién encendida la PC está en condiciones de trabajar con inteligencia con la ayuda de un operador -entendemos aquí por inteligencia una forma del sistema operacional que otorga una estructura existencial primitiva-.

Luego se debe poner en marcha un software aplicativo, es decir, programas que instruyen a la PC sobre cómo realizar tareas rápidamente o con más exactitud de la que lograríamos nosotros.

No todos los tipos de computadoras deben pasar por este "tortuoso" renacimiento luego del encendido.

Muchas computadoras recobran vitalidad total en cuanto están encendidas; la cuestión es que a muchas de este tipo no las consideramos como tales, como por ejemplo las calculadoras, el encendido electrónico del auto, el temporizador del horno a microondas o el programador compacto de videocasete, los cuales también son computadoras.

La diferencia con la gran caja que hay sobre su mesa está en las conexiones físicas. Las computadoras construidas para realizar apenas una tarea -en la que son muy eficientes, por cierto- tienen conexiones fijas.

Autotest de Funcionamiento

Luego de encendida la PC, para funcionar debe ejecutar un sistema operacional, pero antes de hacerlo precisa asegurarse que todos los componentes de ***"hardware"*** (partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que permiten la comunicación entre el procesador central o unidad de procesamiento y el exterior) estén operando y que la CPU (unidad central de procesamiento) y la memoria estén funcionando correctamente. De esto se ocupa el autotest de contacto o POST (power-on self test, en inglés).

Lo primero que hace el POST, cuando encendemos la computadora, es comunicarnos cualquier problema de los componentes. Cuando el POST detecta un error en el monitor, en la memoria, en el teclado o en algún otro componente básico, lo informa desplegando un mensaje en el monitor o, si el monitor es parte del problema, con una serie de bips. En general los bips no resultan tan claros como los mensajes en pantalla, para indicar errores. Avisan, en forma general, sobre la dirección del componente con problemas. La ejecución de un ***"bip"*** mientras se cargan los comandos de DOS significa que el POST ha testeado todos los componentes. Pero cualquier otra combinación de bips cortos o largos anuncia problemas. También la ausencia total de bips indica algún problema.

Para saber si existe algún problema de hardware o configura-

BIPS	MONITOR	AREA CON PROBLEMA
Ninguno	nada	energía
Ninguno	apenas el cursor	energía
Ninguno	línea de comando DOS	audio
*	línea de comando DOS	normal
*	pantalla en Basic	disco rígido
*-	nada	monitor
**	nada	monitor
**	código de error	otra, en general la memoria
Diversos *	código de error 305	teclado
Diversos *	cualquier mensaje	energía
Bips continuos	cualquier mensaje	energía
-*	cualquier mensaje	placa de sistema
-**	cualquier mensaje	monitor
-***	cualquier mensaje	monitor

TABLA 1

ción de partes, al encender una PC se ejecuta un programa de autotesteo. Por medio de sonidos (bips) o mensajes en pantalla, el operador puede saber si existen problemas o errores.

La tabla 1 muestra cómo traducir bips en mensajes de error. Un bip corto se identifica como (*), mientras que un bip largo se simboliza con (-). Si no aparece mensaje de error ni emite bips, significa que todos los componentes de hardware están funcionando como deben.

El POST es capaz de detectar apenas los tipos más generales de errores. Aclarará si una unidad de disco que debiera estar instalada no lo está, pero no determinará si hay problemas de formateado en la unidad.

En principio, el POST no parece extremadamente útil, porque las PC tienen un funcionamiento tan confiable que raramente el POST dispara una alarma. Sus beneficios son tan discretos como fundamentales. Sin él nunca sabríamos a ciencia cierta la capacidad de la PC para realizar sus tareas con precisión y confiabilidad.

El Primer Autotest

Al encender la PC, aparece una señal eléctrica que sigue un camino programado hacia la CPU para depurar los datos remanentes que puedan haber quedado en los registros internos de los chips (circuitos integrados). La señal ***"reinicia"*** un registro de la CPU llamado contador de programa ubicándolo en un número específico. En el caso de computadoras antiguas tipo AT o más recientes, el número hexadecimal en que queda ubicado dicho contador de programa es F000 (vea la figura 1, donde se ilustra todo lo concerniente a este párrafo). El número en el contador del programa indica a la CPU la dirección de memoria a la que deberá recurrir para ejecutar la próxima instrucción. En este caso, emprenderá el inicio de un programa de inicialización (boot), almacenado permanentemente a partir de la dirección F000 en un conjunto de chips de memoria de lectura ROM únicamente, que contiene un sistema básico de entrada y de salida de la PC (BIOS).

La CPU utiliza una dirección para localizar y activar el programa de inicialización del BIOS en la memoria de lectura solamente (ROM), la que a su vez activa una serie de verificaciones en el sistema, conocidas como test automático de cone-

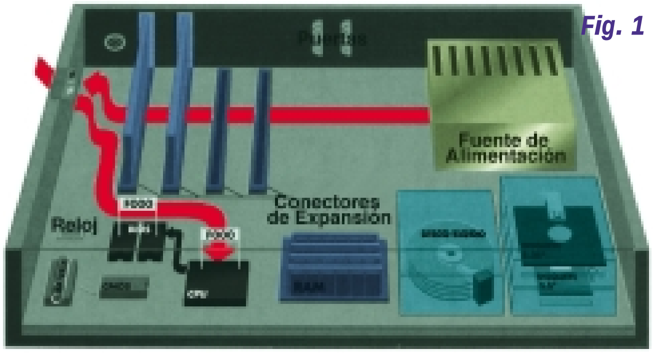


Fig. 1

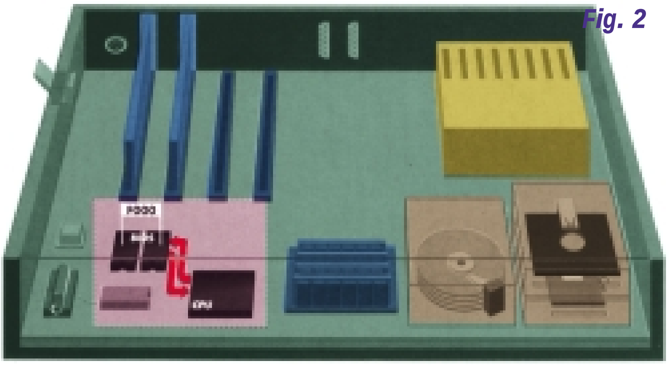


Fig. 2

Fig. 3

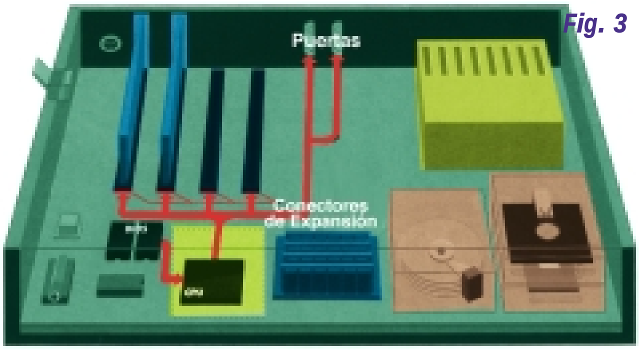


Fig. 4

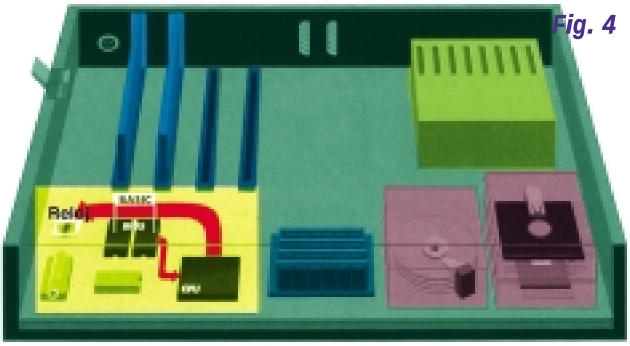


Fig. 5

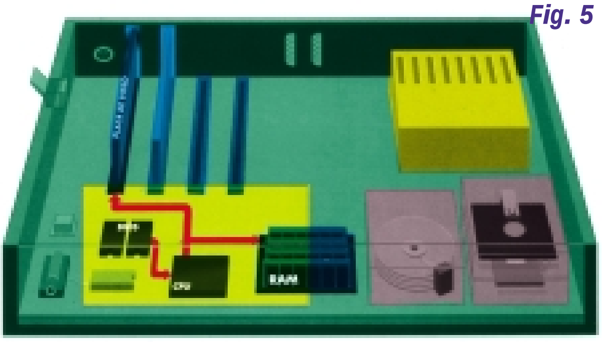


Fig. 6

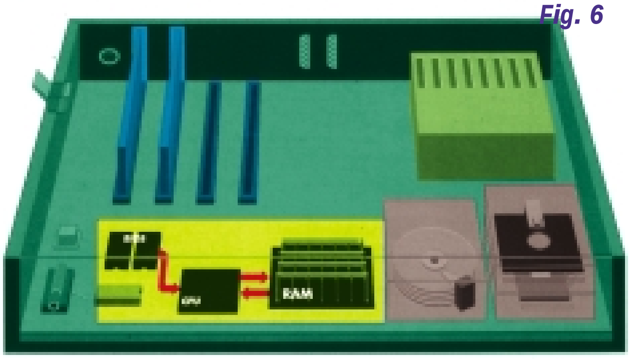
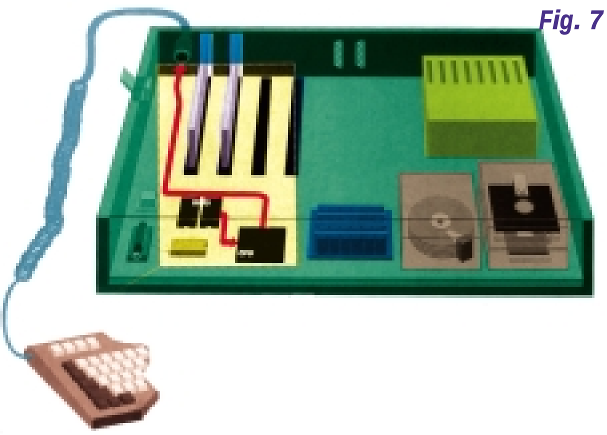


Fig. 7



xión o POST. La CPU primeramente comprueba su propio funcionamiento con el POST que lee códigos, controla posiciones y compara los registros que permanecen invariables, tal como podemos observar en la figura 2. Para ello, la CPU envía señales a través de un banco del sistema compuesto por todos los circuitos que conectan a todos los componentes entre sí, para garantizar que están todos funcionando correctamente (placas adicionales, conexiones con impresoras, detección del mouse, etc). Lo dicho se ilustra en la figura 3.

Las PC más antiguas (XT, AT) contienen un núcleo de lenguaje del tipo BASIC en la ROM, la cual es verificada al mismo tiempo que la CPU verifica la precisión del sistema, responsable de que todas las funciones de la PC operen sincronizada y ordenadamente (figura 4).

Posteriormente se ejecuta una rutina donde el POST verifica la memoria contenida en la placa de video y las señales de video que controlan el monitor. Luego, hace que el código de BIOS de la placa de video se integre al BIOS total del sistema y configura la memoria (figura 5). A partir de dicho instante, debe comenzar a aparecer algo en la pantalla.

El POST testea una serie de elementos para garantizar que los chips de la RAM estén funcionando adecuadamente. La CPU escribe datos en cada chip, los compara con los que le han enviado los chip inicialmente (figura 6). Un balance dinámico de la cantidad de memoria que está siendo verificada aparece en el monitor durante este test.

La CPU también debe verificar si el teclado está conectado correctamente y si las teclas accionan. En la figura 7 podemos ver este proceso.

El POST envía señales a través de caminos específicos del banco hacia las unidades de disco y espera una respuesta para deteminar cuáles son las unidades disponibles (fig. 8). Con el advenimiento de las nuevas PC (AT y superiores), los resultados de los tests POST se comparan con un registro desde un chip CMOS específico, que contiene el registro oficial de todos los componentes instalados, tal como se puede observar en la figura 9. Esto facilita la tarea de verificación de componentes instalados.

Hay sistemas que contienen componentes poseedores de BIOS propios, como algunas placas controladoras de discos o código de BIOS reconocidos e incorporados como parte del BIOS del propio sistema y de la utilización de la memoria (figura 10). Las PC más recientes ejecutan una operación Plug and Play (encienda y use) para distribuir recursos del sistema entre diferentes componentes.

Luego de la verificación, la PC está lista para el próximo paso del proceso de inicialización: ***“cargar un sistema operacional en disco”.***

El Disco de Inicialización

Una computadora personal no realiza nada útil a no ser que ejecute un sistema operacional que es el "programa" que permite que la PC use otros programas. Pero antes de ejecutar un sistema operacional, la PC requiere instalarlo en disco hacia la memoria de acceso aleatorio (RAM). Lo hace a través del bootstrap, o simplemente boot, un pequeño trecho de código, que forma parte permanente de la PC.

Se llama bootstrap porque permite que la PC realice algo por sí sola, sin ningún sistema operacional externo. Desde ya, no hará muchas cosas. En realidad, tiene apenas dos funciones: ejecutar un POST (descripto anteriormente) y buscar un sistema operacional en la unidad de disco. Cuando completa estas operaciones, el boot inicia el proceso de lectura de los archivos del sistema operacional y los copia en la memoria de acceso aleatorio.

Fig. 8

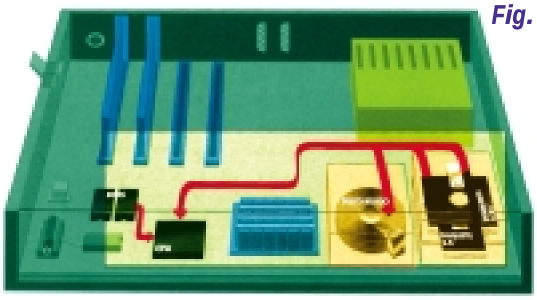


Fig. 9

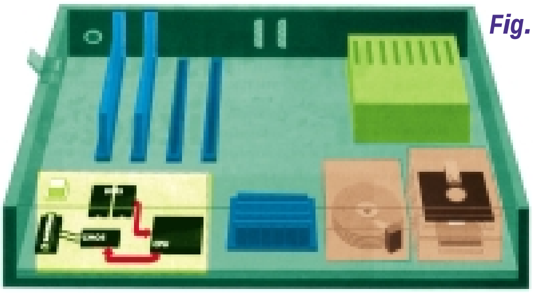
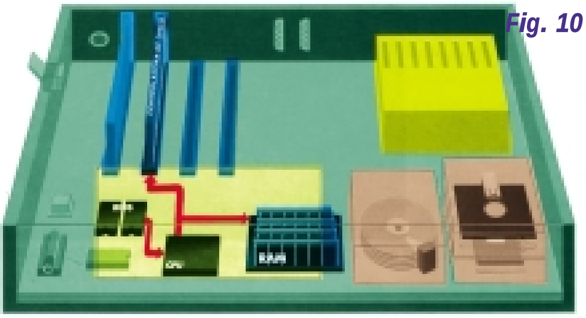


Fig. 10



Debemos aclarar porque se debe realizar este trabajo y no simplemente ejecutar un porograma específico. Algunas computadoras simples o especializadas lo hacen. Los primeros modelos usados para juegos, como el Atari 400 y 800 o la computadora de Hewlett'Packard LX95 contienen sistemas operacionales permanentes.

El LX95 incluye también un programa, el Lotus 1-2-3 en un microcircuito especial. Pero en la mayoría de los casos, el sistema operacional se carga en disco por dos razones.

Por un lado es más fácil actualizar el sistema operacional cuando es cargado en el disco. Por ejemplo, cuando una empresa como Microsoft (que hace el MS-DOS y el Windows 98, los sistemas operacionales más usados en PC) decide adicionar nuevas funciones o corregir defectos, simplemente edita un nuevo conjunto de discos. A veces solamente necesita de un único archivo que corrige una falta en el sistema operacional. Es más barato para Microsoft distribuir un sistema operacional en disco que proyectar un nuevo microcircuito que contenga un sistema operacional. Para los usuarios de computadoras, es más fácil instalar un nuevo sistema operacional en disco que cambiar microcircuitos.

El programa de inicialización o sistema operativo, generalmente es grabado en el disco rígido y no en memorias ROM, lo cual permite modificarlos o cambiarlos con facilidad, sin necesidad de tener que cambiar microchips.

Por otro lado, para cargar el sistema operacional en disco, los usurios disponen de sistemas operacionales alternativos.

La mayoría de las PC construidas con microprocesadores de Intel usan MS-DOS y sistemas operacionales alternativos, como Windows NT, Windows 98 (o Milenium), OS/2, DR DOS o Unix. En algunas configuraciones de PC, usted mismo seleccionará a su gusto cuál sistema operacional usará cada vez que encienda su computadora. En nuestros ejemplos, usaremos el MS-DOS.

EL PROCESO DE LA INICIALIZACIÓN

Despues del Test POST sobre todos los componentes de hardware de la PC, el programa de inicialización (boot) contenido en los chips de BIOS de la ROM verifica la unidad A para verificar si contiene un disquete formateado (figura 11).

Si hubiera un disquete en la unidad, el programa busca localizar específicamente en el disco los archivos que componen las primeras dos partes del sistema operacional. Lo común es que estos archivos no se registren porque están marcados con un atributo especial que los oculta al comando DIR del DOS. para sistemas MS-DOS, los archivos se denominan IO.SYS y MSDOS.SYS.

En las computadoras IBM, los archivos son denominados IBM-

Fig. 11

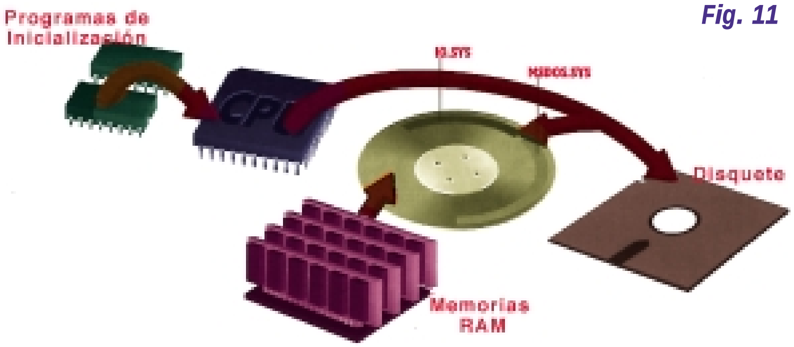


Fig. 12

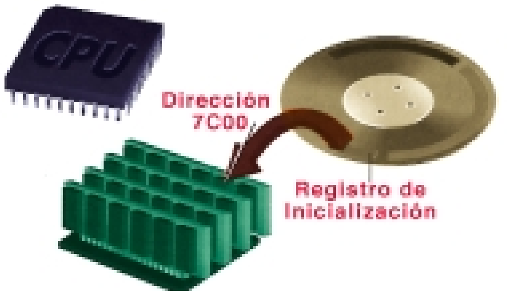


Fig. 13

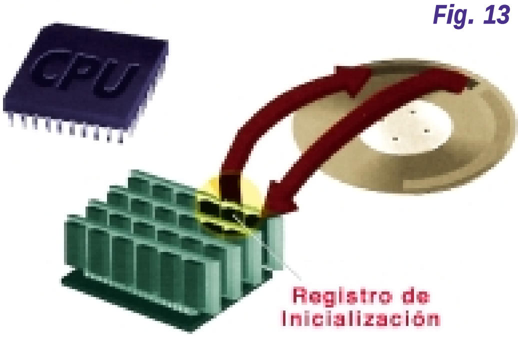


Fig. 14

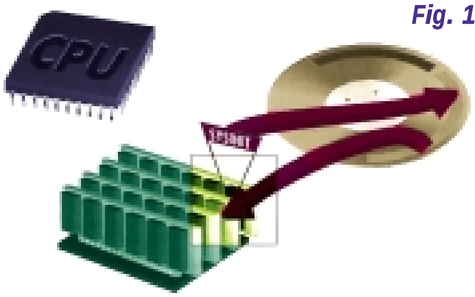


Fig. 15

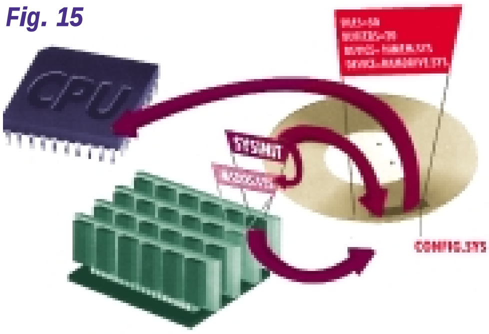
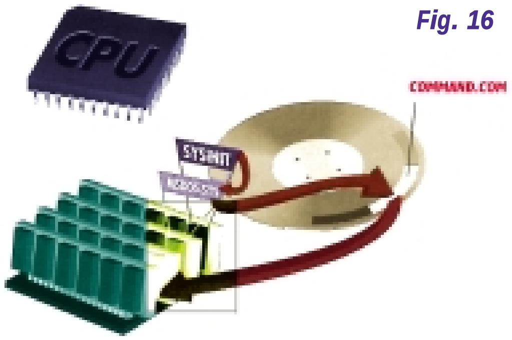


Fig. 16



BIO.COM e IBMDOS.COM. Si la unidad de disquete estuviera vacía, el programa de inicialización busca en el disco rígido C los archivos del sistema. Si un disco de inicialización no contiene los archivos, el programa de inicialización envía un mensaje de error.

Luego de localizar un disco con los archivos del sistema, el programa de inicialización lee los datos almacenados en el primer sector del disco y copia las informaciones en posiciones específicas de la RAM (figura 12). Estas informaciones constituyen el registro de inicialización del DOS. El registro de inicialización se encuentra localizado en cada disco formateado. Tiene apenas 512 bytes, lo suficiente para iniciar la carga de los dos archivos ocultos del sistema. Después que el programa de inicialización del BIOS se carga en el registro de inicialización, en dirección hexadecimal 7C00, en la memoria, el BIOS cede los controles al registro de inicialización que ejecutará las instrucciones a partir de aquella dirección.

A partir de ese instante, el registro de inicialización asume el control de la PC y carga el IO.SYS en la memoria de lectura y escritura (RAM). El archivo IO.SYS contiene extensiones del BIOS y la ROM e incluye una rutina llamada SYSINIT que gobierna lo que resta de la inicialización (figura 13). Después de cargado el IO.SYS, el registro de inicialización ya no es necesario y lo sustituye la RAM por otros códigos.

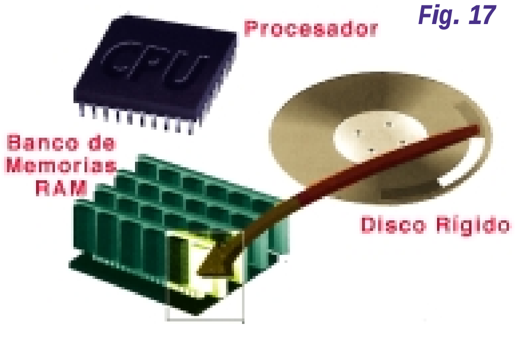
La rutina SYSINIT asume el control del proceso de inicialización y carga el MSDOS.SYS en la RAM. El archivo MSDOS.SYS trabaja junto con el BIOS para gobernar archivos, ejecutar programas y responder las señales del hardware (figura 14).

Desde DOS, el SYSINIT busca en el directorio raíz del disco de inicialización, un archivo llamado CONFIG.SYS. Si existe, el SYSINIT instruye el MSDOS.SYS que ejecute los comandos de este archivo. El CONFIG.SYS es un archivo creado por el usuario. Sus comandos indican al sistema operacional cómo realizar ciertas operaciones; por ejemplo, indicará cuántos archivos se abrirán simultáneamente. Posiblemente, el CONFIG.SYS contenga instrucciones para cargar drivers de dispositivos. Drivers de dispositivos son archivos que contienen un código para extender la capacidad del BIOS en control de memoria o elementos de hardware (vea la figura 15). El SYSINIT ordena que el MSDOS.SYS cargue el archivo COMMAND.COM. Este archivo del sistema operacional reúne tres partes. Una es una extensión de las funciones de entrada/salida. Esta parte se carga en memoria con el BIOS y asume parte del sistema operacional (figura 16).

La segunda parte del COMMAND.COM contiene los comandos internos del DOS: DIR, COPY y TYPE. Se carga en la extremidad superior de la RAM convencional, accesible a programas aplicativos, si precisaran de memoria (figura 17).

La tercera parte del COMMAND. COM, apenas se usa y queda abandonada. Esta parte busca en el directorio raíz un archivo llamado AUTEXEC.BAT (figura 18), creado por el usuario con una serie de comandos de clase DOS, contiene el o los nombres de programas que el usuario desea ejecutar cada vez que enciende

Fig. 17



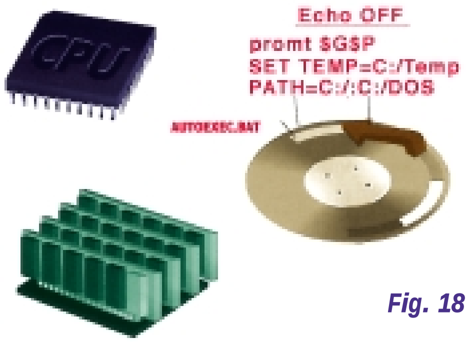


Fig. 18

la computadora. Ahora, la PC está totalmente inicializada y lista para usar.

CONEXIÓN DE PERIFÉRICOS

Trataremos el tema: **"Conexión de Periféricos"**, desde el clásico "Plug and Play" hasta el funcionamiento de los componentes internos que le permitirán tener una idea más acabada sobre el funcionamiento de su PC. Si bien queda por sobreentendido cómo funciona el disco de inicialización.

CÓMO FUNCIONA EL PLUG AND PLAY

Hasta hace poco, era difícil comprar una placa de extensión para la computadora sin que se creara un problema de compatibilidad con los demás componentes, ya presentes en el sistema. Estos problemas aparecían porque cada componente necesita comunicarse con el procesador y con otros periféricos a través de muy pocos canales de comunicación, llamados recursos del sistema. Una interrupción es uno de estos recursos. Otro recurso del sistema es una línea directa con la memoria, la DMA (acceso directo a la memoria).

Como sugiere el nombre, una interrupción obliga interrumpir lo que se está haciendo o procesando, para atender otra solicitud. Si dos dispositivos usan, al mismo tiempo, idéntica interrupción, el procesador no puede diferenciar cuál está solicitando atención. Si dos dispositivos usan la misma DMA, se sobrepondrán los datos almacenados en memoria. Cuando esto ocurre se origina conflicto.

En la época difícil de las PC -década de los ochenta y mitad de los noventa- había dos maneras de evitar los conflictos. Una exigía ser muy cuidadoso: tener un registro completo de todos los recursos empleados por cada dispositivo en la PC. Nadie lo tenía. La mayoría conectaba una nueva placa de expansión y observaba si todo andaba bien. Si aparecían problemas de funcionamiento -como era común- removía el nuevo dispositivo y reiniciaba todo nuevamente. Esto implicaba alterar algunas claves, modificar los recursos que el dispositivo usaba, conectar nuevamente y verificar si funcionaba y repetir el proceso hasta dar con una combinación que funcionara. Ahora hay una forma más apropiada. Muchas empresas de PC, incluidas las influyentes Microsoft e Intel, acordaron un sistema llamado, con optimismo, Plug and Play (encienda y use).

En teoría, si todos los dispositivos de su PC obedecen el patrón (tutor) Plug and Play, el BIOS (sistema básico de entrada), varios programas del sistema y los dispositivos propios trabajarán automáticamente en mutua cooperación, esto garantiza que ninguno de ellos disputará los mismo recursos al mismo tiempo.

No todos los componentes emplean el Plug and Play. Usted procúrese este patrón al comprar componentes.

Antes del Plug and Play, adicionar hardware exigía desconectar el sistema antes de instalar. Plug and Play permite intercambiar dispositivos dinámicamente, sin desconectar (proceso llamado hot swapping en inglés). Lo mismo se hace con otras PC portátiles que usan tarjetas PCMCIA (Tarjetas PC, figura 19).

La ventaja es que la PC, su BIOS, los periféricos y el sistema operacional tienen como soporte el Plug and Play. Desinteresadamente, muchos fabricantes de PC y de componentes toman como modelo prototipo el Plug and Play. El Windows 98 ofrece muchos drivers Plug and Play que otras empresas pueden usar. De todas maneras, los fabricantes no están obligados a usar este patrón. Pero es un gran paso para actualizar sin complicaciones (figura 20).

Fig. 19

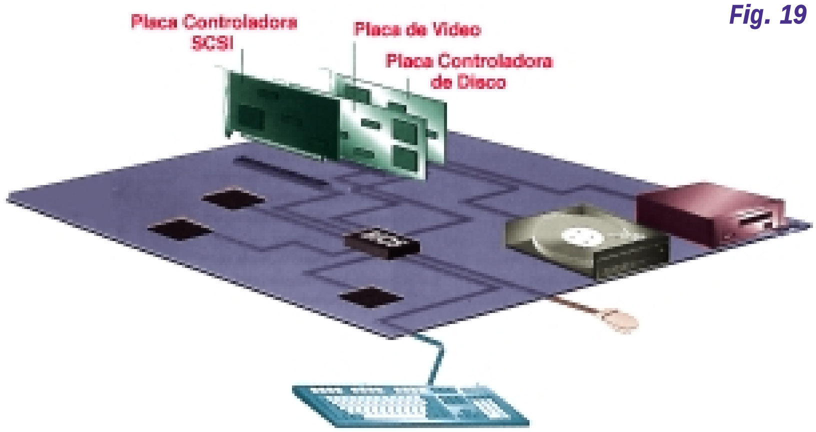
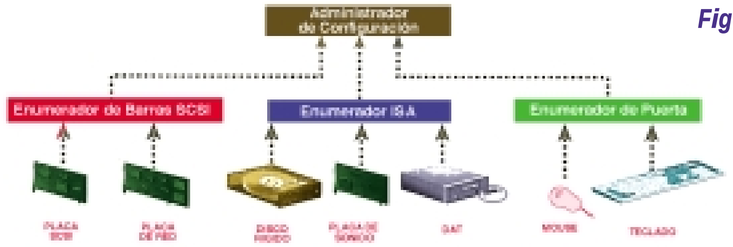


Fig. 20



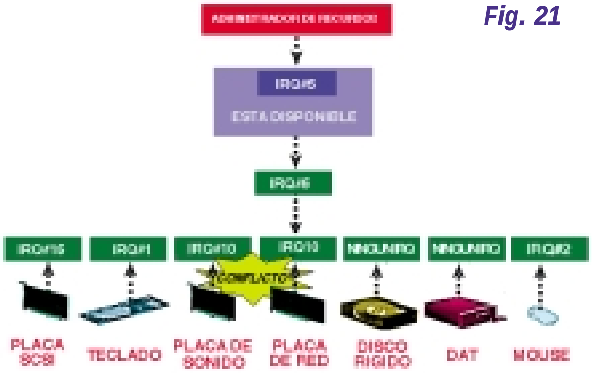


Fig. 21

INSTALACIÓN DEL SISTEMA PLUG AND PLAY

Cuando se instala un sistema Plug and Play, el principal árbitro entre el software y el hardware, el BIOS (sistema básico de entrada y salida), es el primer componente que asume los controles. El BIOS busca todos los dispositivos que precisa -ya sea una placa de video, el teclado o una unidad de disquete-, de manera que la PC opere adecuadamente.

El BIOS identifica estos dispositivos basado en sus identificadores inequívocos, que son códigos colocados permanentemente en las ROMs (memorias sólo de lectura) de los dispositivos. El BIOS, entonces, envía los datos hacia el sistema operacional.

El sistema operacional ejecuta drivers especiales, denominados enumeradores -programas que actúan de interfaces entre el sistema operacional y los diferentes dispositivos.

Hay enumeradores de barra, enumeradores para un tipo especial de barra llamados SCSI (en inglés: small computer system interface, interface de sistema para pequeñas computadoras, figura 21), enumeradores de puertas y otros. El sistema operacional solicita a cada enumerador que identifique qué dispositivos va a controlar el numerador y qué recursos precisa.

El sistema operacional recibe las informaciones de los enumeradores y las almacena en un árbol de hardware, que es un banco de datos almacenados en RAM. El sistema operacional examinará este árbol de hardware para arbitrar los recursos. En otras palabras, después de almacenadas las informaciones, el sistema operacional decide qué recursos -interrupciones (IRQs), por ejemplo- dirigir hacia cada dispositivo. El sistema informará a los enumeradores los recursos que dirigió hacia sus respectivos dispositivos.

Los enumeradores guardan la información de alojamiento de recursos en microscópicos registros programados en el periférico, que es una especie de borrador digital localizado en unos chips de memoria.

Finalmente, el sistema operacional busca los drivers de dispositivos apropiados.

Un driver de dispositivo es un pequeño código adicional que instruye al sistema operacional sobre características del hardware que precisa. Si el sistema no encuentra el driver necesario, solicita que el usuario lo instale.

El sistema carga entonces todos los drivers de dispositivo necesarios e informa en cada caso qué recursos está usando. Los drivers de dispositivo inicializan sus respectivos dispositivos y el sistema completa la inicialización.

La Electrónica de las Computadoras

FUNCIONAMIENTO DEL TRANSISTOR

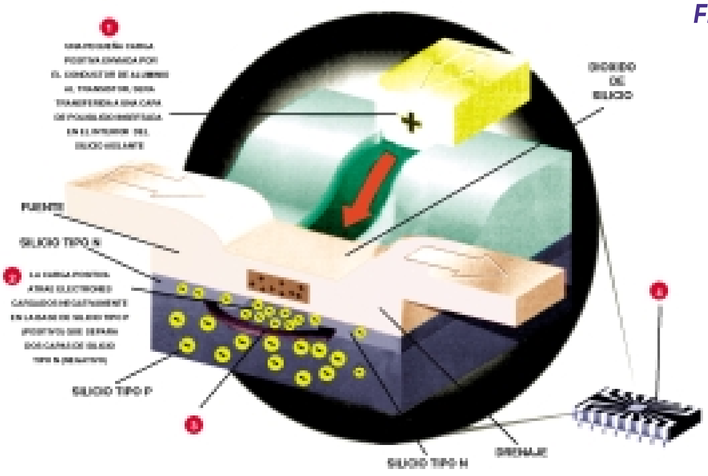
En la figura 1 se da un corte esquemático de un transistor que permite comprender su funcionamiento. En dicha figura podemos hacer las siguientes observaciones:

1) Una pequeña carga positiva es enviada por el conducto de aluminio que va hasta el transistor. La carga positiva es transferida a una cámara conductiva de polisilicio recubierta interiormente por dióxido de silicio aislante.

2) La carga positiva atrae electrones cargados negativamente a una base de silicio tipo P (positivo) que separa dos cámaras de silicio tipo N (negativo).

3) El flujo de electrones de silicio tipo P, crea un vacío electrónico que es rellenado por electrones venidos de otro conductor llamado fuente. Además de rellenar el vacío de silicio tipo P, los elec-

Figura 1



trones de fuente también fluyen por un conductor semejante llamado drenador, completa el circuito y conecta el transistor de foma que represente un bit 1. Si una carga negativa es aplicada al polisilicio, los electrones de fuente son repelidos y el transistor se desconecta.

4) Millares de transistores se combinan en una pequeña lámina de silicio. Esta lámina insertada en un soporte plástico se liga a conductores metálicos que amplían el tamaño y posibilitan el contacto del chip a otras partes del circuito del computador. Los conductores llevan las señales hasta el chip y envían señales desde el chip hasta otros componentes del computador.

Funcionamiento de una Memoria RAM

Lo que denominamos **Memoria de Acceso Aleatorio (RAM)** son chips que representan para la computadora lo que una tela en blanco es para un artista.

Para que una PC haga cualquier cosa útil, precisa accionar programas de disco hacia la RAM. Los datos contenidos en documentos, planillas, ilustraciones, bancos de datos o cualquier tipo de archivo también deben almacenarse en la RAM, aunque sólo momentáneamente, para que el software use el procesador que maneja estas informaciones.

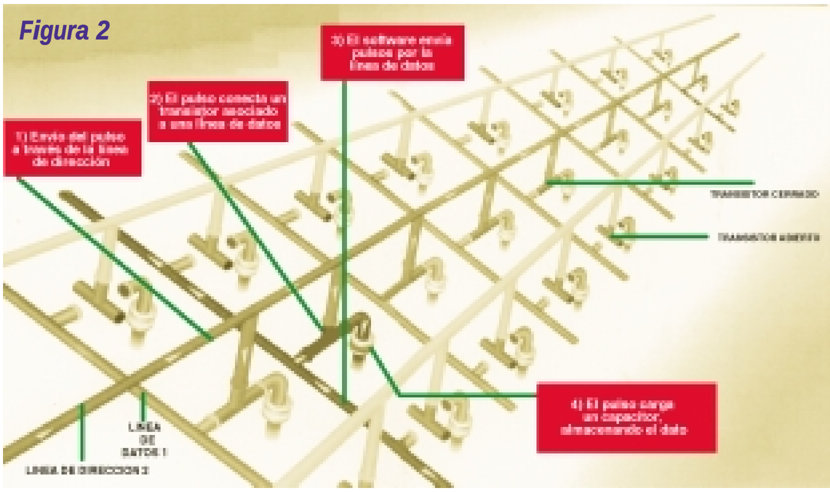
Independientemente del tipo de datos que maneja una computadora, por más complejo que nos parezcan, para la PC esos datos sólo existen como 0 y 1.

Los números binarios son la lengua propia de las computadoras porque hasta la mayor y más poderosa computadora es en esencia una colección de llaves: una llave abierta representa un 0, una cerrada representa un 1.

Esto es lo que a veces se menciona como ***"lenguaje de máquina de una computadora".*** A partir de este sistema numérico, que es el más simple de todos, la computadora construye representaciones de millones de números, cualquier palabra en cualquier idioma y centenas de miles de colores y formas.

Ya que no todas las personas son expertas en notación binaria, como las computadoras, todos los números binarios aparecen en la pantalla bajo alguna forma comprensible, generalmente como representación alfabética o números decimales. Por ejemplo, cuando digitamos una A mayúscula, el sistema operacional y el software usan una convención llamada ASCII, en la que a determinados números corresponden ciertas letras. Una computadora es esencialmente un manipulador de números y acorde a su condición de máquina, es más fácil para la computadora manejar números binarios. Pero a los programadores y usuarios en general les es más fácil usar números decimales. La A mayúscula corresponde al número decimal 65, la B al 66, la C al 67 y así sucesivamente. En el corazón de la computadora esos números son almacenados en sus equivalentes binarios.

Figura 2


1) Envío del pulso a través de la línea de dirección
2) El pulso conecta un transistor asociado a una línea de datos
3) El software envía pulsos por la línea de datos
TRANSISTOR CERRADO
TRANSISTOR ABIERTO
4) El pulso carga un capacitor, almacenando el dato
LÍNEA DE DATOS 1
LÍNEA DE DIRECCIÓN 2

Estas notaciones binarias rellenan los discos y la memoria de la PC. Pero hasta conectar la computadora, la RAM está vacía.

La memoria es rellenada con 0 o 1 traídos del disco o creados por el trabajo que hacemos en la computadora. Cuando se desconecta la PC, todo el contenido de la RAM desaparece. Algunos tipos recientes de chips de RAM retienen cargas eléctricas al desconectar la computadora, pero la mayoría de los chips de memoria funcionan solamente conectados a una fuente de electricidad y renuevan continuamente los miles y millones de cargas eléctricas individuales que componen los programas y los datos almacenados en la RAM.

Como se Escriben los Datos en una RAM

En la figura 2 se ejemplifica la escritura de datos en una RAM. La secuencia de pasos es la siguiente:

1) El software, en combinación con el sistema operacional, envía un pulso de electricidad a través de una línea de dirección, que es un trozo microcóspico de material eléctricamente conductivo, grabado en un chip de RAM. Este pulso identifica dónde registrar los datos entre muchas líneas de dirección en el chip de la RAM.

2) En todas las posiciones de memoria en un chip de RAM donde los datos sean almacenados, el pulso eléctrico conecta (o cierra) un transistor que está conectado a una línea de datos. Un transitor es esencialmente una llave eléctrica microscópica.

3) Mientras los transistores están conectándose, el software envía pulsos de electricidad por líneas de datos seleccionadas. Cada pulso representa un bit (un 1 o un 0), en el lenguaje propio de los procesadores: la menor unidad de información que maneja una computadora.

4) Cuando el pulso eléctrico

estimula una línea de dirección a la que un transistor está conectado, el pulso fluye a través del transistor conectado y carga un capacitor (dispositivo electrónico que almacena electricidad). Este proceso se repite continuamente para renovar la carga del capacitor, caso contrario se descargaría.

Cuando se desconecta la computadora, todos los capacitores pierden sus cargas.

A lo largo de la línea de dirección, cada capacitor cargado representa un bit 1. Un capacitor descargado representa un bit 0. La PC usa bits 1 y 0 como números binarios para almacenar y manejar las informaciones.

Como una computadora trabaja solamente con números binarios, una A mayúscula se almacenará en la RAM y en el disco rígido como el número binario 01000001 (que es la codificación de dicha letra A). La B mayúscula como 01000010. Esto ilustra que la letra A mayúscula se almacena como un byte en un chip de RAM.

El primero de estos ocho capacitores a lo largo de la línea de dirección no contiene carga alguna, el segundo capacitor está cargado, los cinco siguientes no tienen carga y el octavo capacitor está cargado.

Como se leen los datos desde una RAM

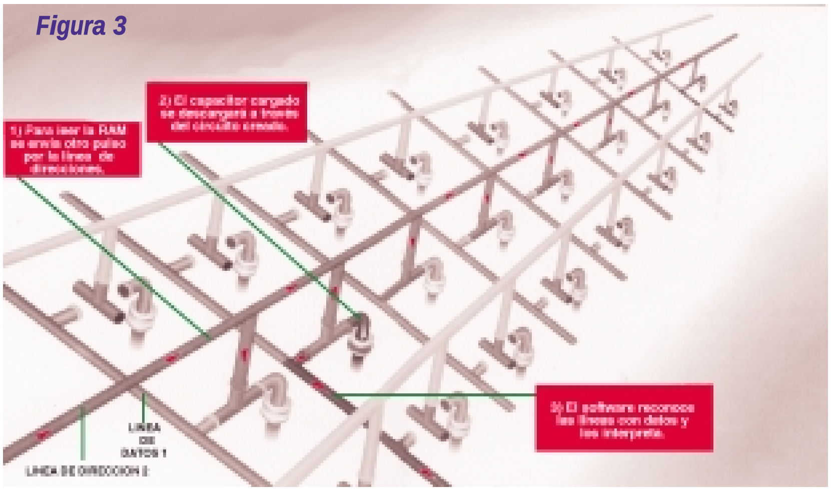
En la figura 3 se grafica la forma en que se leen los datos desde una memoria RAM. Para tal proceso, se cumple la siguiente secuencia:

1) Cuando el software debe leer datos almacenados en RAM, envía otro pulso eléctrico por la línea de dirección, una vez cerrados los transistores conectados a ella.

2) A lo largo de la línea de dirección, cuando haya un capacitor cargado, se descargará a través del circuito creado por los transistores cerrados y enviará pulsos eléctricos por las líneas de datos.

3) El software reconoce las líneas de datos; en las que vienen pulsos, interpreta cada pulso como un 1 y en las que no se ha enviado pulso, interpreta cada falta como un 0. La combinación de 1 y 0 de estas líneas de datos forma un único byte de datos.

Figura 3


1) Para leer la RAM se envía otro pulso por la línea de direcciones.
2) El capacitor cargado se descargará a través del circuito creado.
3) El software reconoce las líneas con datos y los interpreta.
LINEA DE DATOS 1
LINEA DE DIRECCION 2

Como Funciona un Microprocesador

El microprocesador que compone la unidad central de procesamiento de la computadora, o CPU, es su cerebro, su mensajero, su maestro y su comandante. Todos los demás componentes (la RAM, el disco rígido, el monitor, etc.) están solamente para establecer el contacto entre el procesador y el usuario. Reciben sus datos, los pasan al procesador para su manipulación y luego se presentan los resultados. En la mayoría de las PC actuales, la CPU no es el único microprocesador ya que existen coprocesadores en placas aceleradoras de video para Windows y placas de sonido, que preparan los datos que se deben mostrar y los datos de sonido para aliviar a la CPU de parte de su carga.

También hay procesadores especiales, como los del interior del teclado, que tratan señales procedentes de una secuencia de teclas presionadas, realizan tareas especializadas para abastecer de datos a la CPU u obtenerlos desde ella, etc. En esta nota, veremos como realmente funciona el microprocesador.

El procesador de alto desempeño comúnmente utilizado en la actualidad es el chip Pentium (la versión III es la más empleada) de Intel.

En un chip de silicio de aproximadamente una pulgada cuadrada (un cuadrado de aproximadamente 2,5cm de lado), el Pentium encierra 3,1 millones de transistores o diminutas llaves electrónicas.

Todas las operaciones del Pentium se realizan por señales que conectan o desconectan diferentes combinaciones de estas llaves. En las computadoras, los transistores se usan para representar ***"0" y "1"***, los dos números que pertenecen al sistema de numeración binaria. Estos 0 y 1 se conocen comúnmente como bits. Varios grupos de estos transistores forman los subcomponentes del Pentium.

La mayoría de los componentes del Pentium están proyectados para mover rápidamente datos dentro y fuera del chip y asegurar que las partes del Pentium no queden inactivas porque aguardan más datos o instrucciones. Estos componentes reciben el flujo de datos y de instrucciones para el procesador, interpretan las instrucciones de manera que el procesador pueda ejecutarlas y devuelven los resultados a la memoria de la PC.

Lo ideal es que el procesador ejecute una instrucción con cada oscilación de reloj del computador, que regula la velocidad con que el sistema funciona.

El Pentium ostenta evoluciones, comparado con su antecesor, el procesador 80486 de Intel, que garantizan que los movimientos de datos y de instrucciones a través del Pentium se harán lo más rápidamente posible. Una de las modificaciones más importantes está en la ***Unidad Lógico-Aritmética (ULA)***. Imagine a ULA como un tipo de cerebro dentro del cerebro. La ULA realiza todos el tratamiento de datos que contengan enteros, o sea: números enteros como 1, 23, 610,234 o -123. El Pentium es el primer procesador de Intel que tiene dos ULA, de manera que procesa dos conjuntos de números al mismo tiempo. Como el 486, el Pentium posee una unidad de cálculo por separado, optimizada para tratar número en punto fluctuante, es decir: números con fracciones decimales como 1,2; 35,8942; 0,317 o -93,2. Otra diferencia significativa sobre el 486 es que el Pentium recibe datos a 64 bits por vez, mientras que la vía de datos del 486 es de 32 bits. En tanto el 486 posee una área de almacenamiento llamada de cache, que contiene 8 kilobytes de, el Pentium posee dos memorias ***"caches"*** de 8k.

Una para los datos y otra para los códigos de las instrucciones, ambas proyectadas para gantizar que la ULA esté constantemente abastecida con los datos de las instrucciones que precisa para hacer sus tareas. En muchas operaciones, el Pentium ejecuta un programa dos veces más rápidamente que el 486. Pero el potencial completo del Pentium no se aprovecha en su totalidad, a menos que el programa se haya creado especialmente para usar las características del procesador Pentium.

El Microprocesador

Damos a continuación, las referencias correspondientes a la figura 4.

1) Una parte del Pentium, llamada unidad de interface con el bus o barra (BIU), recibe los datos y los códigos de instrucciones de memoria de acceso aleatorio (RAM) de la computadora. El procesador está conectado a la RAM a través de los circuitos de la placa madre de la PC, conocidos como bus, palabra de origen inglés. Los datos se trasladan hacia el procesador a 64 bits por vez.

2) La unidad que actúa de interface con el bus envía datos y códigos por dos vías separadas que reciben, cada una, 64 bits por vez. Una vía conduce la unidad de almacenamiento de 8k, o cache, usados para los datos.

La otra vía conduce una cache idéntica, usada exclusivamente para el código que indica al procesador lo que hará con los datos. Los códigos y datos permanecen en las dos caches hasta que el procesador los precise.

3) Mientras el código aguarda en su cache, otra parte de la CPU, llamada unidad de previsión de desvío inspecciona las instrucciones y determina cuál de las dos unidades lógico-aritméticas (ULA) los tratará más eficazmente. Esta inspección garantiza que una de las ULA no quede esperando mientras la otra termina de ejecutar una instrucción.

4) El almacenamiento temporario de ***"prebúsqueda"*** de instrucciones recupera el código identificado por la unidad de presión y la unidad de decodificación traduce el código de programa como instrucciones que la ULA entenderá.

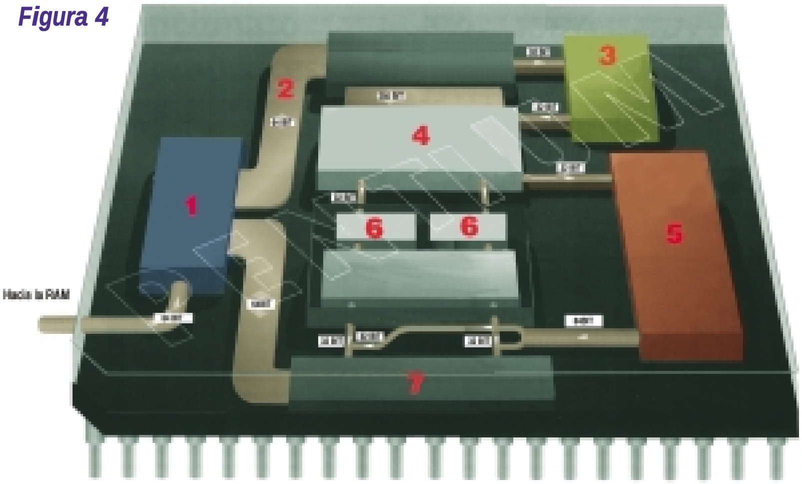
5) Si es preciso procesar números de punto fluctuante *-números con fracciones decimales, como 23,7-* pasarán a un procesador interno especializado, llamado unidad de punto fluctuante.

6) En el interior de la unidad de ejecución, dos unidades lógico-aritméticas procesan exclusivamente todos los datos de enteros. Cada ULA recibe instrucciones de hasta 32 bits cada vez de la unidad de decodificación.

Cada ULA procesa sus propias instrucciones y usa simultáneamente datos levantados del cache de datos, desde una especie de borrador electrónico llamado de registros.

7) Las dos unidades lógico-aritméticas y la unidad de punto fluctuante envían los resultados de su procesamiento para el cache de datos. El cache de datos envía los resultados hacia la unidad de interface con el bus que, a su vez, envía los resultados a la RAM. *****

Figura 4



El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Oscar Montoya Figueroa

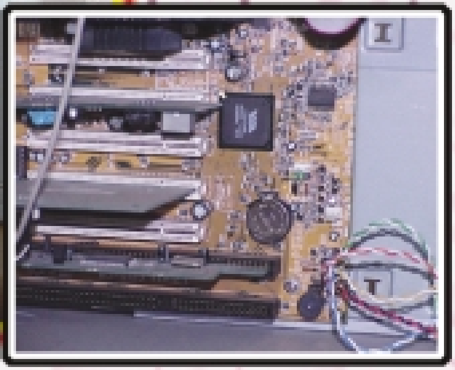
Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Montaje Completo de una Computadora

19

El Mundo de la Electrónica

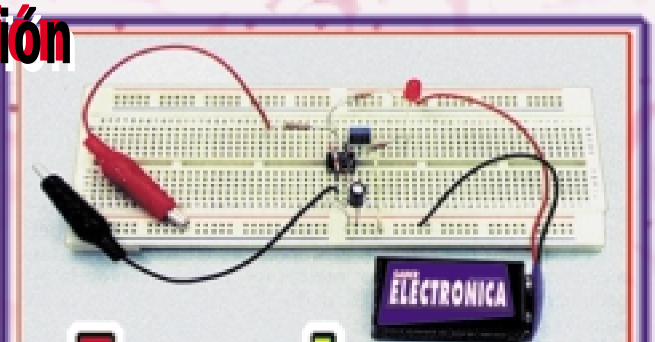
Teoremas de Resolución de Circuitos



SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

Osciloscopio

Funcionamiento y Operación



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 19

MANEJO DEL OSCILOSCOPIO

Qué es un osciloscopio.....291

Principio de funcionamiento del osciloscopio 291

Tipos y marcas de osciloscopios......................291

Controles típicos de un osciloscopio.......................292

Conexiones de señal 293

Mediciones de carácter general................................294

Mediciones en audio y video 295

La función Delay................296

TEORIA DE CIRCUITOS (II)

Principio de sustitución 297

Teorema de Millman 297

Teorema de la máxima transferencia de energía 298

Teorema de la reciprocidad 298

Métodos de resolución de circuitos.........................299

Planteo de las ecuaciones.........................299

MONTAJE COMPLETO DE UNA COMPUTADORA

Partes de una computadora básica 300

Gabinete y fuente de poder.............................301

Tarjeta madre.....................301

Microprocesador...............301

Disipador de calor.............302

Frecuencia y tensión de operación.....................302

Memoria RAM y Caché..............................303

Ensamblado de la unidad de sistema.............303

Cupón Nº 19

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ___________________

para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 19

Manejo del Osciloscopio

Qué es un Osciloscopio

Aunque por mucho tiempo el osciloscopio estuvo confinado a laboratorios de investigación y centros de enseñanza, en pocos lustros se ha convertido en un instrumento indispensable para el trabajo electrónico de taller, debido a la mayor complejidad de los equipos modernos, cuyo servicio requiere de técnicas más rigurosas de análisis y ajuste.

El osciloscopio es un instrumento que permite visualizar el comportamiento de las señales electrónicas en función del tiempo (forma de onda), con lo que es posible inferir el papel específico de un circuito, así como su desempeño, así permite diagnósticos y mediciones que no pueden realizarse por otros medios. Por ejemplo, vea la figura 1, en la cual se muestra una señal tipo senoidal en la parte superior y una señal cuadrada en la parte inferior.

Principio de Funcionamiento del Osciloscopio

El fundamento de operación de este instrumento de medición y análisis, es similar al de los cinescopios de los receptores de TV: un cañón de electrones (cátodo) envía un haz hacia una pantalla recubierta con un material fosforescente; durante su recorrido, el rayo atraviesa por etapas de enfoque (rejillas) y de aceleración (atracción anódica), de tal manera que al golpear la pantalla se produce un punto luminoso (figura 2). Por medio de placas deflectoras convenientemente ubicadas, es posible modificar la trayectoria recta de los electrones, tanto en sentido vertical como horizontal, así permite el despliegue de información diversa. Precisamente, es por estas características tan especiales del osciloscopio que es posible visualizar en pantalla el comportamiento de una señal eléctrica o electrónica en el tiempo y se logra apreciar detalles que por otros medios serían ignorados o minimizados.

Los controles normales de todo osciloscopio son numerosos y muy variados, como puede ver en la figura 3, que corresponde a un equipo LEADER modelo 8040, al que hemos tomado como referencia por tratarse de un instrumento típico dentro del rango de los 40MHz. Naturalmente, todas estas perillas, teclas, botones, switches e incluso presets tienen una funcion específica en el análisis de las señales y de su correcta manipulación depende del rigor del diagnóstico.

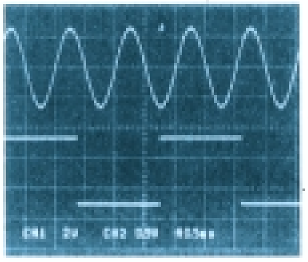
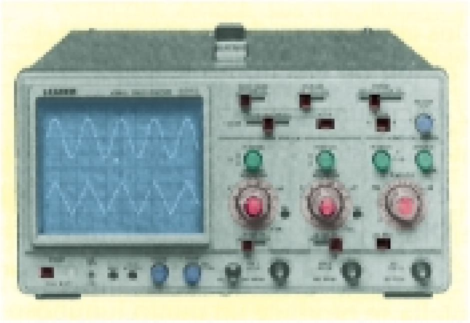


Fig. 1 **Principio de funcionamiento del osciloscopio**

Tipos y Marcas de Osciloscopios

En el mercado electrónico hay una gran variedad de modelos y marcas de osciloscopios, los cuales incluyen desde aparatos muy básicos de apenas unos 5MHz de ancho de banda y un solo canal, hasta aparatos sofisticados con un ancho de banda de 100MHz o más, con 3 o más canales y con memoria digital.

Fig. 3



Osciloscopio LEADER de 40 MHz, modelo 8040

En particular, no deseamos recomendar tipo específico alguno de osciloscopio, puesto que muchas veces se puede adquirir el más costoso y con las mayores prestacioens, pero sus aplicaciones son mínimas de acuerdo a las aplicaciones específicas que el usuario vaya a darle; únicamente le queremos recomendar que adquiera un instrumento que cubra las necesidades básicas para un centro de servicio electrónico, como son:

Fig. 2

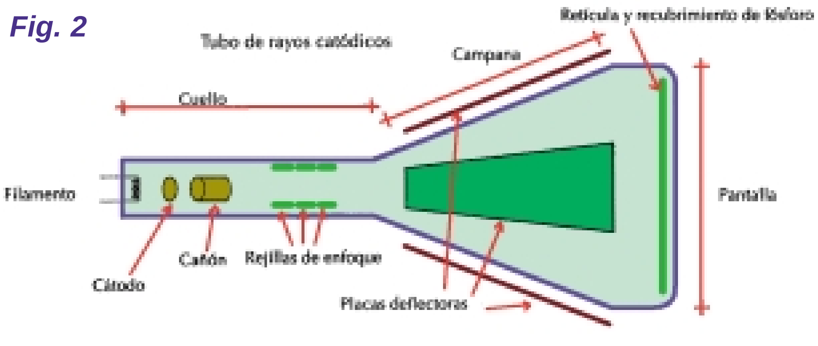


Fig. 4

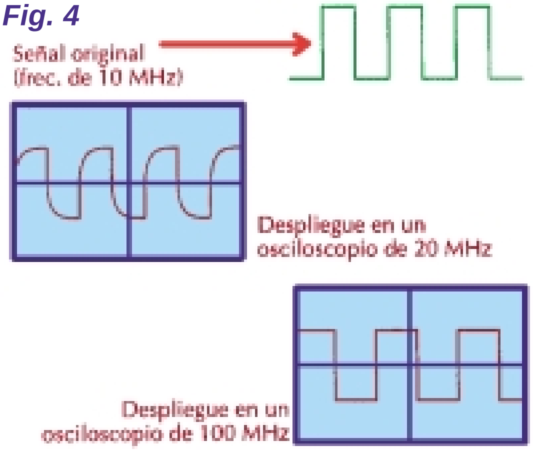
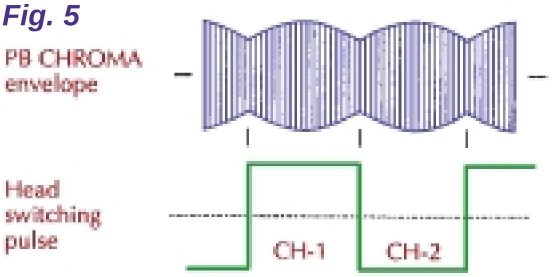

Señal original
(frec. de 10 MHz)
Despliegue en un osciloscopio de 20 MHz
Despliegue en un osciloscopio de 100 MHz

Fig. 5



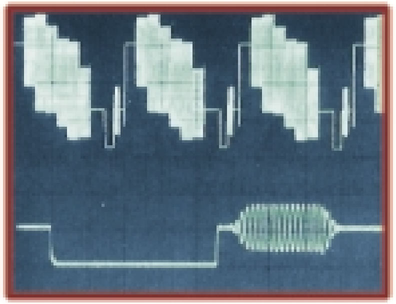


Fig. 6

1) Su ancho de banda debe ser igual o mayor que 20MHz, puesto que en vidograbadoras y televisores se manejan señales de altas frecuencias, que no podrían detectarse con un osciloscopio de un rango de frecuencia menor o, en su defecto, se mostrarían de manera distorsionada. Figura 4.

2) Debe ser de doble trazo, ya que existen observaciones en las que se requiera comparar directamente dos formas de onda. Figura 5.

3) La sensibidad mínima debe ser de 5mV por división.

4) Debe poseeer gratícula interna.

5) Debe contar con la función de Delay o línea de retardo, puesto que es un recurso que permite analizar segmentos específicos de la forma de onda, lo cual es crítico en determinados ajustes. Vea la figura 6.

Controles Típicos de un Osciloscopio

Enseguida vamos a hablar del conjunto de controles que se incluyen en un osciloscopio, para lo cual nos basaremos en la figura 7, correspondiente a una representación esquemática del panel frontal del modelo 8040 de LEADER, que es de doble trazo y tiene un ancho de banda de 40MHz. Cabe señalar que, dependiendo de la marca y modelo del instrumento, se presentan algunas variantes en cuanto a la serie de controles y su disposición, pero en esencia conservan las mismas características, ya que el tipo de mediciones a las que se accede con este aparato son universales.

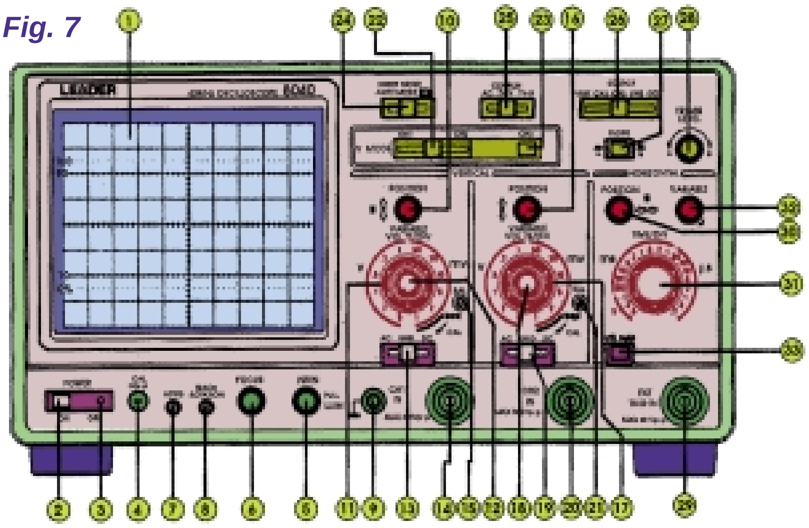
En la parte inferior de la pantalla (1) tenemos el botón de POWER (2), el cual, como su nombre lo indica, sirve para encender o apagar el aparato. Al lado aparecen dos orificios correspondientes a un par de controles tipo preset, marcados como TRACE ROTATION (8) y ASTIG (7).

El primero sirve para corregir el grado de inclinación en el haz desplegado y el segundo para compensar la distorsión que éste hubiera podido sufrir antes de llegar a la pantalla, lo que redundaría en un punto no muy definido. A su lado encontramos la perilla de FOCUS (6), que sirve precisamente para conseguir un haz perfectamente afilado, que se manifiesta en un punto fino, y a un lado encontramos la perilla de intensidad o INTEN (5), con la cual se controla la fuerza de los electrones que golpean la superficie fosforescente y producen un punto más o menos luminoso.

A un lado de la pantalla encontramos la sección de amplificación vertical, la cual controla las características de amplitud de la señal desplegada en pantalla. Como el modelo que tomamos de referencia es de doble trazo, existen controles independientes para los canales 1 y 2, aunque básicamente son iguales entre sí, por lo que se explicarán de forma simultánea. La perilla que más sobresale es la que está marcada en una escala de volt/división o VOLT/DIV (11 y 17), en pasos múltiplos de 1, 2 y 5. Como podrá suponer, esta perilla es la que controlando la magnitud vertical de la señal desplegada, amplifica o atenua su valor según sea el caso. Es propiamente un amplificador de ganancia controlada que envia su salida hacia las placas deflectoras verticales.

Asociada a la perilla anterior encontramos otra que sirve para la calibración de la escala vertical (12 y 18). Dicho control modifica el grado de amplificación aplicado a la señal; de esta manera, para evitar lecturas erróneas se debe

Fig. 7



mantener en su posicion de calibrado.

Abajo de estas perillas se encuentra un switch de tres posiciones, marcado como AC-GND-DC (13 y 19). Se trata de un selector de modo de despliegue, ya sea para conservar la componente de DC de la señal estudiada, eliminarla o bien fijar la posición de la referencia.

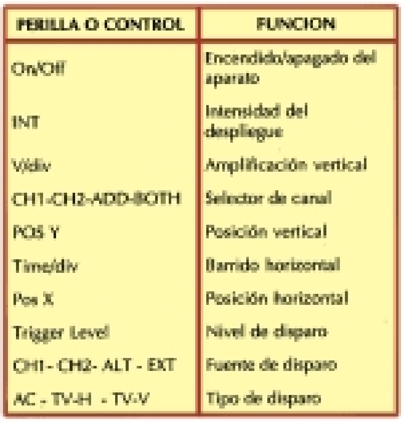
La perilla de posición vertical denominada POSITION (10 y 16), sirve para desplazar en esa dirección el trazo de la pantalla, así permite ubicarlo donde más convenga al realizar mediciones diversas.

Arriba de las dos perillas de los canales encontramos un switch con múltiples posiciones (22), el cual sirve para seleccionar el modo de despliegue de los canales 1 y 2. Encontramos posiciones marcadas como CH1 o canal 1 y CH2 o canal 2, con las que se seleccionan los canales respectivos. Sin embargo, dependiente del tipo de aparato, pueden llegar a incluirse otras posiciones como CHOP o simultáneo, ALT o alternos, ADD o adición. En CHOP se despliegan ambos canales, simultáneamente, hacen un muestreo de alta frecuencia para simular la presencia de ambas señales. En la posición ALT se despliega un canal durante un barrido horizontal y el otro en el siguiente y así sucesivamente.

Finalmente, la posición ADD permite visualizar en pantalla la suma de las señales alimentadas a ambos canales.

El último botón dentro de la sección de amplificación vertical está en la zona correspondiente al canal 2, y está marcado como INV (23), que quiere decir inversión. Cuando éste es accionado, la señal correspondiente al canal 2 se invierte verticalmente, lo cual puede ser muy útil para determinadas mediciones.

Tabla 1



PERILLA O CONTROL	FUNCION
On/Off	Encendido/apagado del aparato
INT	Intensidad del despliegue
V/div	Amplificación vertical
CH1-CH2-ADD-BOTH	Selector de canal
POS Y	Posición vertical
Time/div	Barrido horizontal
Pos X	Posición horizontal
Trigger Level	Nivel de disparo
CH1 - CH2- ALT - EXT	Fuente de disparo
AC - TV-H - TV-V	Tipo de disparo

Pasemos ahora a la sección de barrido horizontal, la cual está dominada por una perilla de gran tamaño marcada en una escala de tiempo/división o TIME/DIV (31). Como podrá imaginar, con este control se fija la rapidez del desplazamiento del haz en la pantalla, así permite la visualización de señales con rápidos cambios en el tiempo. Esta perilla también presenta una serie de escalas en pasos de 1-2-5, aunque ahora la medición se realiza en segundos/división en lugar de volt. Dependiendo de la calidad del osciloscopio, se puede disponer de escalas tan pequeñas como 1µseg/div o incluso menos.

Asociada a esa perilla encontramos una de calibración, marcada como VARIABLE (32), que al igual que su similar de la sección vertical, sirve para modificar la velocidad de despliegue de la información en pantalla. Esta perilla también debe estar normalmente en su posición de calibrado.

Obviamente, también se encuentra una perilla marcada como POSITION (30), que sirve para desplazar horizontalmente la señal desplegada en pantalla, a fin de ubicarla como mejor convenga al usuario.

Igualmente, existe un botón correspondiente al magnificador (33), que en este caso es X10, para indicar que cuando sea activada la frecuencia del barrido horizontal se multiplicará por 10 y permitirá una mayor amplificación para detectar detalles pequeños de la propia señal desplegada.

Pasando a la sección de disparo, encontramos varios controles y switches que sirven para visualizar las señales en pantalla con más claridad. En la parte superior derecha encontramos una perilla marcada como TRIGGER LEVEL (28), la cual normalmente está en su posición 0. Con este control se elige la altura del flanco (ya sea de subida o bajada) que sirve para disparar el barrido horizontal. Esto es muy útil cuando queremos desplegar funciones complejas, como señales de video. También tenemos un interruptor de múltiples posiciones (26), el cual permite elegir la fuente del disparo, ya sea el canal 1, el canal 2, la línea de alimentación o una fuente externa. A su lado se encuentra otro interruptor similar, marcado con las posiciones AC, TV-V y TV-H (25); la primera es la posición más empleada, sin embargo, si se van a desplegar señales de video es conveniente utilizar las otras dos, ya que en tal caso la señal objeto de análisis pasa por filtros paso-banda sintonizado con las frecuencias de sincronía vertical u horizontal, según sea el caso, para un despliegue más estable y correcto de la señal de pantalla.

Estos son los controles y perillas básicos que se pueden encontrar en los osciloscopios comunes. Como referencia, en la tabla 1 mostramos de manera sintetizada los principales controles que se disponen en los osciloscopios modernos, independientemente del modelo y marca, indicamos claramente su función y aplicación respectivas. Observe que en este apartado no hemos hablado de la función de Delay, ya que este modelo no la incluye. Sin embargo, en el apartado final de este capítulo lo trataremos con detenimiento.

CONEXIONES DE SEÑAL

Las puntas de prueba constituyen el dispositivo más usual para conectar el osciloscopio a los circuitos objeto de análisis (figura 8). Estas puntas se encuentran disponibles con una atenuación de 1X (conexión directa) y 10X. Las de atenuación de 10X aumentan la impedancia efectiva de entrada, evitando distorsión en la forma de onda obtenida. Cuando se utilizan puntas con esta atenuación, el factor de la escala (ajuste del interruptor VOLT/DIV) debe multiplicarse por 10, esto es, si en la perilla se indica una escala de 0.1 V/div, al emplear la punta atenuadora la misma escala se convierte en 1V/div (0.1 x 10 = 1).

Para facilitar la toma de mediciones, en las puntas de prueba se incluye un pequeño cable con caimán que se conecta a la referencia tierra. Si este cable no es conectado de manera conveniente, es posible que tan sólo se vea ruido electromagnético en la pantalla del instrumento.

Conviene aclarar que en la mayoría de los osciloscopios modernos el cable de alimentación es una línea aterrizada, por lo que el chasis del equipo queda conectado físicamente a tierra. Esta situación obliga al usuario a tomar precauciones especiales al momento de realizar mediciones en aparatos con conexión directa a la línea (chasis vivo), asegúrese por medio de un multímetro que no vaya a provocar un retorno a tierra a través del propio chasis (para chequear esta situación, le recomendamos que antes de colocar el caimán de tierra del osciloscopio en cualquier punto del aparato, mida con el multímetro si existe una diferencia de voltaje considerable entre ambos, tanto en DC como en AC). Si no se tiene cuidado, una medición de este tipo mal realizada puede ocasionar graves daños, tanto al aparato como al operador (por ejemplo, puede llegar a explotar el tubo de imagen del osciloscopio). Para evitar esta situación, le recomendamos emplear un transformador de aislamiento entre la línea de AC y el aparato que esté revisando.

MEDICIONES DE CARÁCTER GENERAL

En la tabla 2 se muestran los distintos modos de operación de las perillas y controles, mientras que en la tabla 3 se describe a grandes rasgos cómo realizar mediciones diversas.

Vamos a hablar con más detalle respecto de las mediciones de voltajes pico a pico y las de periodo de tiempo, ya que son las más comunes en el servicio electrónico. Para ello emplearemos como fuente de señal una videograbadora que reproduce una cinta con barras de color NTSC y para no tener que abrir el aparato, simplemente conecte la punta de prueba a un jack RCA que se coloca en la salida VIDEO OUT.

Si todas las conexiones son correctas y la videograbadora trabaja adecuadamente, en la pantalla del osciloscopio deberá observarse una imagen como la que se muestra en la figura 9 (las escalas vertical y horizontal empleadas se consignan a un lado). Aprovechando esta señal, realicemos la medición del voltaje pico a pico y del tiempo transcurrido entre pulsos de sincronía horizontal.

Podemos observar en la figura anterior que entre el punto más bajo y el punto más alto de la señal hay 2,4 cuadros. Considerando que la punta de prueba está en una posición de X10 y que la escala vertical es de 0,05 volt por división, tenemos que el voltaje pico a

Fig. 8

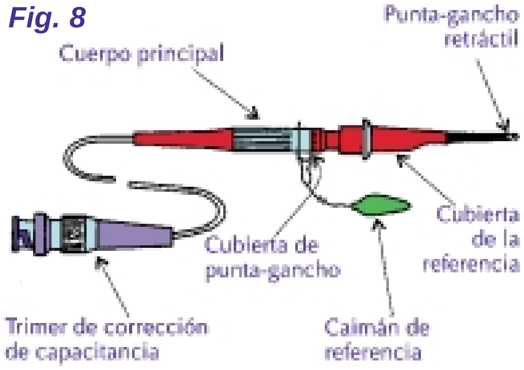


Tabla 2

CONTROL O INTERRUPTOR	MODO DE OPERACION			
	Operación de trazo sencillo	Operación de doble trazo	Operación de adición o sustracción	Operación X-Y
Interruptor CA/GND/CD	CA	CA	CA	CA
Controles POS V	En su punto medio	En su punto medio	En su punto medio	En su punto medio
Controles VARIABLE	Girados a su posición CAL'd	Girados a su posición CAL'd	Girados a su posición CAL'd	Girados a su posición CAL'd
Interruptor V MODE	CH1 ó CH2	ALT ó CHOP	ADD (para la sustracción, active el inversor de CH2)	ALT o CHOP
Perillas V/DIV	En una escala adecuada	En una escala adecuada	En escalas adecuadas	En escalas adecuadas
Perilla TIME/DIV	En una escala adecuada	En una escala adecuada	En una escala adecuada	No importa
Modo de disparo	AUTO	AUTO	AUTO	No importa
Fuente de disparo	CH1 ó CH2 (el que se esté usando)	CH1 ó CH2 (el que presente un disparo más firme)	CH1 ó CH2 (el que presente un disparo más estable)	No importa
Acoplo de disparo	CA	CA	CA	No importa
Nivel de disparo	En su posición central (0)	En su posición central	En su posición central	No importa
Hold Off	NORM	NORM	NORM	No importa
Interruptor X-Y	Desactivado	Desactivado	Desactivado	Activado

Tabla 3

MEDICION	MODO DE OPERACION	OTROS INTERRUPTORES O PERILLAS	COMENTARIOS
Mediciones de amplitud de voltaje	Operación de trazo sencillo o doble	---	Mida la cantidad de divisiones verticales entre el punto medio de la señal y la línea tomada como referencia, y multiplíquela por la escala de la perilla Volts/división.
Medición de voltaje pico a pico (Vp-p)	Operación de trazo sencillo o doble	---	Mida la cantidad de divisiones verticales existentes entre los puntos máximo y mínimo de la señal y multiplíquelas por la escala de la perilla Volts/división.
Intervalo de tiempo	Operación de trazo sencillo o doble	Asegúrese de que la perilla Variable horizontal esté en su posición CAL'd	Mida la cantidad de divisiones horizontales entre los puntos de la señal que desea conocer el intervalo, y multiplíquelas por la escala de la perilla TIME/DIV.
Periodo	Operación de trazo sencillo o doble	Misma consideración del punto anterior	Mida la cantidad de divisiones horizontales entre puntos iguales de la señal, y multiplíquelas por la escala de la perilla TIME/DIV.
Frecuencia	Operación de trazo sencillo o doble	Misma consideración	Mida el periodo por el método mencionado y después calcule el recíproco para encontrar la frecuencia.

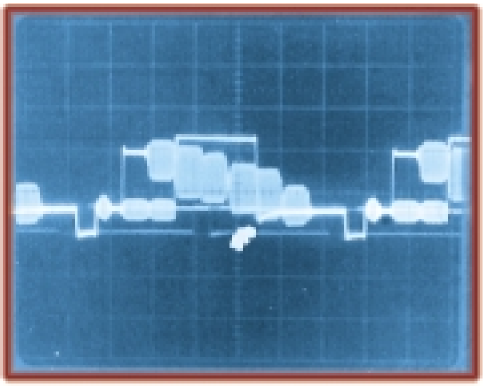


Fig. 9

Escala H = 10 µseg/div
Escala V = 0.05 V/div
Punta en posición X10

pico de esta señal de video es el siguiente:

Vp-p = 2,4 cuadros X 10 (atenuación de la punta) X 0.05 volt-/div = 1,2 Vp-p

Este procedimiento (contar el número de cuadros verticales que abarca una señal y multiplicarla por la escala vertical empleada) se puede aplicar en cualquier otra medición de voltaje que desee efectuarse con el osciloscopio, pero tenga en cuenta que para medir voltajes de DC es necesario fijar previamente el nivel de referencia y realizar la medición respectiva en la posición dC del selector de despliegue de canal. Deberá comprobar también que la perilla de CAL esté en su posición de calibrado, ya que de lo contrario las lecturas obtenidas podrán ser completamente erróneas. Asimismo, tome en cuenta la posición del atenuador de la punta de prueba, ya que no siempre se debe efectuar la multiplicación por 10 como en este ejemplo.

Aprovechemos también la misma señal de la figura anterior para calcular el tiempo que tarda en completarse una línea horizontal en una señal de video; para ello deben contarse cuidadosamente el número de cuadros que hay entre puntos idénticos de la señal (por ejemplo, entre los inicios de los pulsos de sincronía). Nuevamente compruebe que la perilla de CAL horizontal esté en su posición correcta para evitar mediciones falsas y una vez que haya determinado el número de cuadros, multiplíquelos por la escala de barrido horizontal que esté utilizando. En nuestro ejemplo tenemos que esta señal abarca 6,3 cuadros entre pulsos de sincronía, lo que nos da un periodo de:

Periodo = 6,3 cuadros X 10µS/div = 63µS

Este valor es muy cercano al parámetro teórico de 63,3µS que dura una línea de barrido horizontal. De esta manera, calculado el periodo, es posible encontrar la frecuencia de la señal como sigue:

Frecuencia = 1/Periodo = 1/63µS = 15,873Hz

Nuevamente observe que este valor es muy cercano al parámetro de 15,439Hz que teóricamente tiene una señal de video.

MEDICIONES EN AUDIO Y VIDEO

Vamos a realizar algunas mediciones que de manera común se efectúan en el servicio de aparatos de audio y video. Para ello, nos apoyaremos en una videograbadora Sony SLV-X65 y en un reproductor de discos compactos sin importar la marca, siempre que tenga claramente indicado el punto de prueba de la señal RF o, en su defecto, que se disponga del manual de servicio.

Iniciemos con el reproductor de discos compactos. En la figura 10 se muestra un fragmento del diagrama de uno de estos equipos, en el cual donde se localiza la señal de RF, la cual teóricamente debe tener el aspecto mostrado en la imagen adjunta. Y en efecto, cuando se posiciona la punta del osciloscopio en ese sitio, se obtiene un despliegue como el mostrado en la figura 11, el cual es prácticamente idéntico al del diagrama, lo que indica que el reproductor de discos compactos está trabajando correctamente.

De hecho, si usted está familiarizado con la teoría de operación de estos equipos, sabrá que una vez que se obtiene una señal de RF clara y continua, se puede casi garantizar que la unidad se encuentra operando de manera adecuada, por lo que el análisis de esta señal resulta de capital importancia en el servicio reproductores de CD.

Pasemos ahora al caso de la videograbadora. Como seguramente habrá podido comprobar si ya tiene algún tiempo dedicado al servicio, una de las

Fig. 10

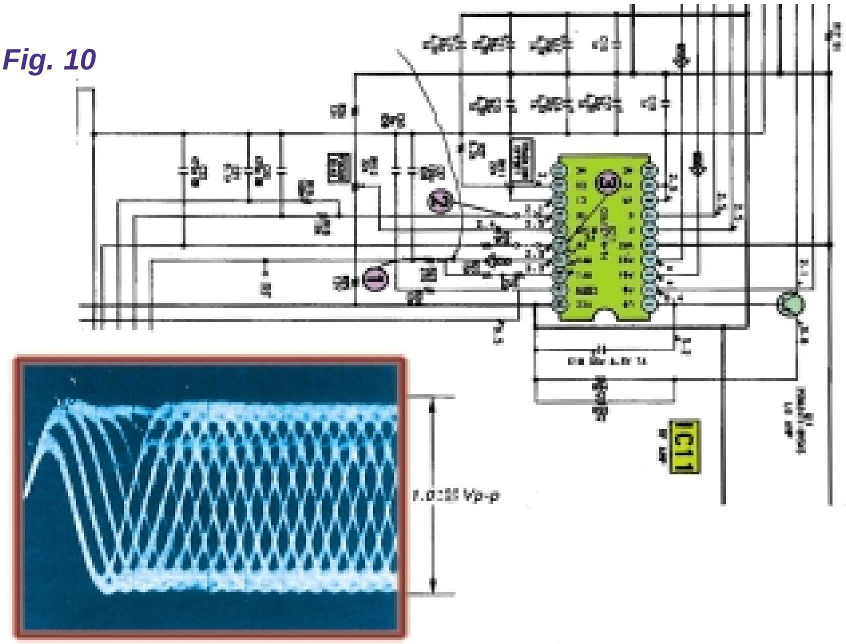


Fig. 11

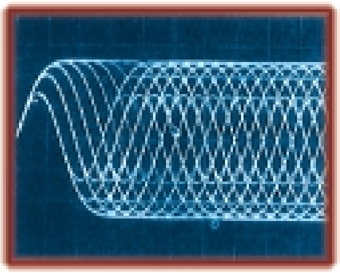
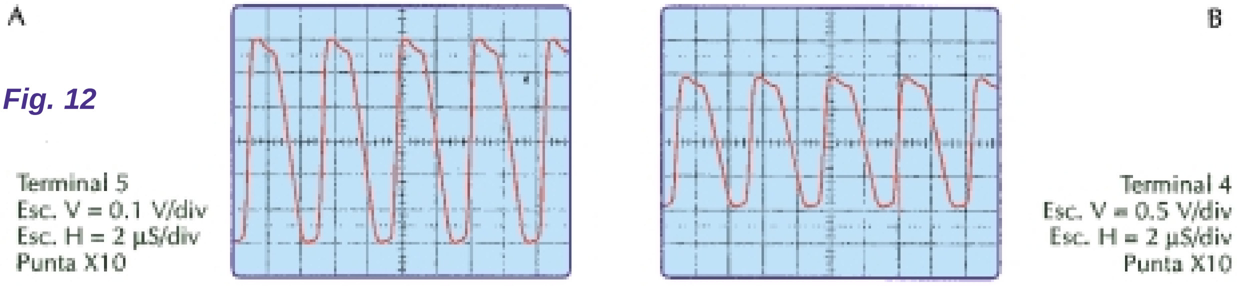


Fig. 12



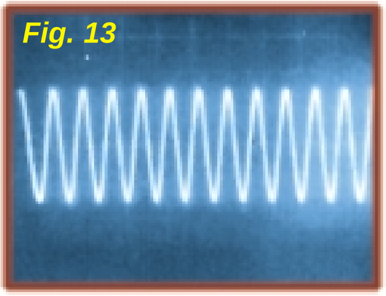


Fig. 13

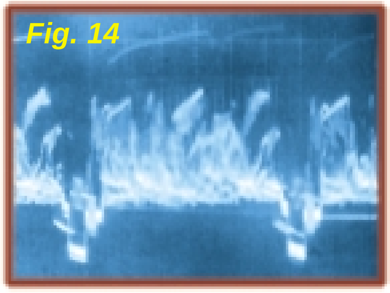


Fig. 14

secciones que más problemas han presentado estas máquinas es la fuente conmutada, sobre la cual no siempre está disponible la información, por lo que en muchos casos se opta por sustituirla como un bloque completo. Al respecto, hagamos algunas mediciones que de manera común deben llevarse a cabo cuando se diagnostican las condiciones de operación de esta etapa.

Como primer paso, extraiga la fuente y conéctela. Coloque enseguida la pinza cocodrilo (también llamado caimán) de referencia a tierra en el blindaje que rodea toda la unidad y, a continuación chequee las salidas del transformador de alta frecuencia (terminales 5 y 4, por ejemplo). Si el extremo primario de la fuente se encuentra operando correctamente, en la pantalla del osciloscopio deberá desplegarse una imagen como la que se muestra en las figuras 12A y B, respectivamente (las escalas empleadas también se especifican). Para finalizar la práctica, coloque la fuente en su sitio (recuerde desconectarla primero), asegúrela y encienda el aparato.

Hagamos ahora algunas comprobaciones de varias señales indispensables en el funcionamiento de una videograbadora. Obtenga por ejemplo la señal de reloj del microcontrolador principal (figura 13) y la señal de video que se extrae del sintonizador (figura 14).

La Función Delay

Respecto de la función Delay o línea de retardo, conviene mencionar que es una prestación que, por lo general, viene incluida en los osciloscopios de 30MHz en adelante, la cual permite visualizar señales especialmente complejas. Apoyémonos en el siguiente ejemplo para las explicaciones correspondientes.

Supongamos que en una señal de video se requiere analizar una zona ubicada entre los pulsos de sincronía vertical (digamos que nos interesa visualizar la línea de barras de color que envía la transmisora en la señal de video y que se localiza unos 16H después de este pulso). Si colocamos el osciloscopio en disparo TV-H, lo más seguro es que únicamente pueda ser observada una más de las líneas que forman la imagen en la pantalla; y si lo colocamos en disparo TV-V, al momento en que aumentamos la velocidad del barrido para analizar con cuidado la zona de interés, irremediablemente la imagen desplegada se saldrá por el costado derecho de la pantalla y esto impedirá su estudio. Esta observación no podrá efectuarse a menos que el osciloscopio cuente con la función DELAY.

Concretamente, Delay consiste en retrasar el flanco de disparo de una señal por un cierto tiempo definido por el propio usuario, a fin de observar cualquier punto intermedio de dicha señal.

Esta situación se ilustra en la figura 15, en la cual se observa precisamente un campo vertical completo expedido en la pantalla del osciloscopio, que señala la zona que nos interesa observar. Al aumentar la velocidad del barrido horizontal, encontramos que dicha zona se sale de la pantalla, pero con el Delay se puede ampliar tanto como se desee para un análisis más riguroso. Por último, como puede suponer, la función de Delay permite efectuar observaciones que de otra manera se dificultarían en extremo o definitivamente sería imposible efectuarlas. Concretamente, en el servicio a equipos de audio y video, esta función se aplica en el análisis de señales pulsantes, por ejemplo, en el estudio de la propia señal de video, en la comprobación del Eye Pattern de la señal RF de un reproductor de discos compactos, etc.

Este texto es continuación del

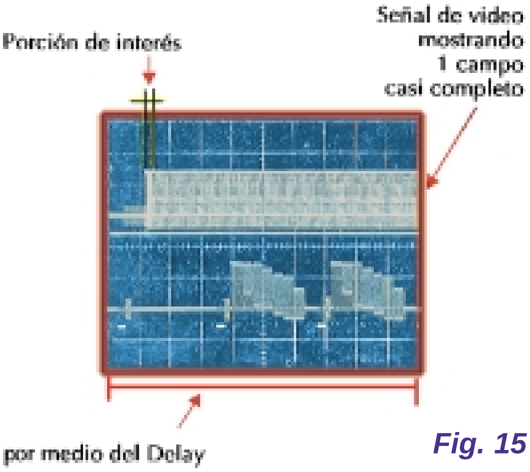


Fig. 15

Teoría de Circuitos: Teoremas de Resolución (2ª Parte)

publicado en el fascículo 17, razón por la cual mantendremos la secuencia en la numeración de las figuras.

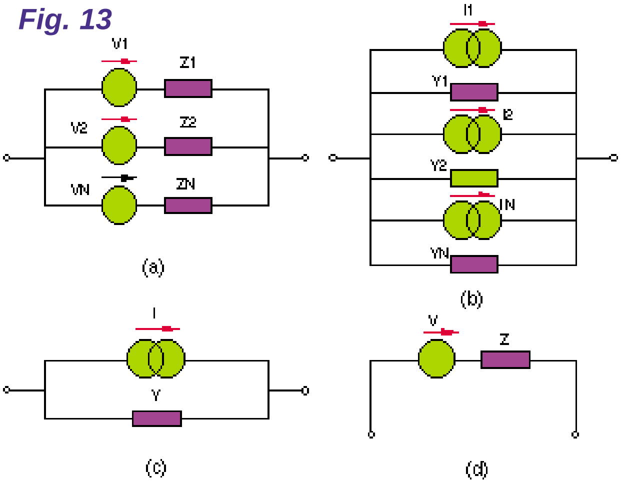
Principio de Sustitución

Veamos el circuito eléctrico de la figura 12, compuesto por varios generadores y componentes pasivos. Consideremos la rama **j**, acoplada directamente al circuito, por la que circula la corriente I_j y cuya tensión entre terminales es V_j. El principio de sustitución establece que esta rama se puede sustituir, sin alterar las corrientes y tensiones del resto del circuito, por otra de cualquier configuración, siempre que esta nueva rama presente entre sus extremos la tensión V_j cuando circula por ella la corriente I_j. En particular, puede sustituirse por un generador de tensión ideal V_j o un generador de corriente ideal I_j.

Teorema de Millman

Se lo conoce también también como "teorema de reducción de generadores" y permite **combinar** en un circuito la acción de **varios generadores** representándolos mediante **uno solo**. Con ello se logra en ciertos casos simplificar la configuración del circuito en mayor medida que si se utiliza, por ejemplo, el principio de superposición.

Fig. 13



Con la ayuda del diagrama representado en la figura 13, podemos enunciar este teorema de la siguiente forma:

La combinación de n generadores reales de tensión V_j e impedancias internas Z_j instalados en paralelo equivale a un único generador de tensión V e impedancia interna Z, tal que:

$$V = Z \sum_{j=1}^{n} \frac{V_j}{Z_j} \qquad \text{(A)}$$

$$Z = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{Z_j}} \qquad \text{(B)}$$

Evidentemente, para entender el enunciado de este teorema es preciso que conozca las nociones básicas sobre las notaciones del análisis matemático; si no es su caso, no se detenga demasiado en la siguiente explicación. Para poder demostrar lo dicho, sea lo siguiente:

a) Como:

$$I = V / Z \quad \text{y} \quad Y = 1 / Z \qquad \text{(B')}$$

Cada generador de tensión con su impedancia interna en serie se puede reemplazar por uno de corriente con su impedancia interna en paralelo (figura 13b), siendo:

$$I_j = Y_j \cdot V_j \qquad \text{(C)}$$

$$Y_j = 1 / Z_j$$

b) Como los generadores de corriente y sus admitancias internas están todos en paralelo se puede sumarlas:

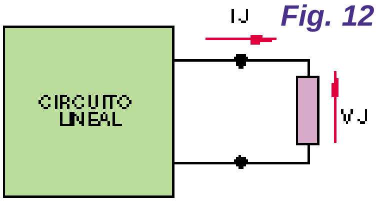


Fig. 12

$$I = \sum_{j=1}^{n} I_j \qquad \text{(D)}$$

$$Y = \sum_{j=1}^{n} Y_j \qquad \text{(E)}$$

Con estos elementos podemos construir el circuito equivalente de la figura 13c.

c) Recurriendo a la ecuación (B'), podemos ahora transformar el generador de corriente en uno de tensión equivalente (figura 13d), tal que:

$$V = I / Y$$
$$Z = 1 / Y$$

d) Observando estas ecuaciones, deducimos que la (A) se puede escribir como:

$$V = \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^{n} V_j \cdot I_j \qquad \text{(F)}$$

Que también se puede escribir como:

$$V = \frac{1}{Y} \cdot \sum_{j=1}^{n} (V_j / Z_j) \qquad \text{(G)}$$

Lo que demuestra el enunciado inicial.

e) Análogamente, como Z = 1 / Y, se tiene:

$$Z = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} Y_j}$$

Que también podemos escribir

de la siguiente manera:

$$Z = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} (1 / Zj)}$$

De esta manera, queda demostrado que la combinación de varios generadores puede ser reemplazada por uno solo y viceversa, si se tienen en cuenta las condiciones enunciadas en el presente teorema.

Teorema de la Máxima Transferencia de Energía

Cuando se debe encarar el diseño de cualquier trabajo, incluido un circuito electrónico, debemos tener en cuenta su **optimización**, que no es sencilla de resolver, puesto que hay muchos factores que se contraponen, como por ejemplo tener un sistema eficaz pero con bajo costo, o que el equipo sea de potencia y liviano o que sea altamente confiable y poco complejo. Indudablemente, trataremos siempre de economizar energía. Es decir, lograr el objetivo del sistema con un mínimo consumo de energía. Para ello debemos minimizar las pérdidas.

El problema consiste en lograr una máxima transferencia de energía (potencia en el tiempo) entre el generador **real** y la carga de un circuito eléctrico tal como el de la figura 14a.

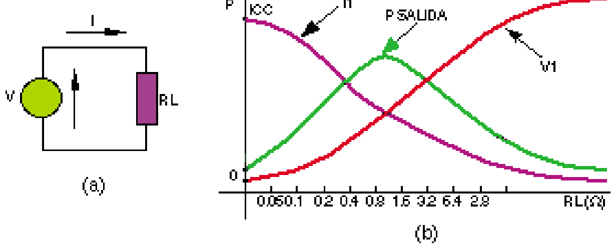
En las curvas de la parte (b) de la figura, que muestra la corriente, la tensión y la potencia de salida del circuito, en función de la resistencia de carga **R_L**. Se observa lo siguiente:

- Para R_L pequeña, la corriente de salida es grande, pero la tensión baja (no olvidemos que se trata de un generador real, como los tratados en el capítulo 3, que no mantienen tensión constante cuando la corriente de carga es elevada).

- Para R_L grande, la tensión de salida es alta, pero la corriente pequeña.

- La potencia de salida máxima (o sea el máximo del producto de V por I), se obtiene para un valor intermedio de R_L.

Fig. 14



(a)

(b)

En los casos en que interesa una máxima transferencia de potencia entre el generador y la carga, es importante determinar ese valor de R_L, y utilizarlo en lo posible.

El teorema de Thevenin, nos permitirá determinar las condiciones generales que debe reunir la carga para una máxima transferencia de potencia:

El generador suministra una tensión cuyo módulo (valor eficaz) es **V_g** y su impedancia interna es **Z_g**. La corriente que entrega a la carga es:

$$I = \frac{V_g}{Z_g + Z_L}$$

Con :

$$Zg = \sqrt{(Rg + RL)^2} \quad y$$

$$ZL = \sqrt{(Xg + XL)^2}$$

Donde las R son las componentes resistivas y las X las reactivas de la impedancia del generador y la carga respectivamente.

La potencia que se transfiere a la carga es:

$$P = I^2 . RL = \frac{Vg^2 . RL}{(Rg + RL)^2 + (Xg + XL)^2}$$

Como V_g, R_g y X_g son fijos, los parámetros que se pueden ajustar son R_L y X_L. Cuando la transferencia de potencia sea máxima, la función **P** será máxima.

Matemáticamente, para hallar el máximo de una función se debe derivarla con respecto a la variable e igualar la derivada a cero. Pero previamente, podemos establecer ya una primera condición de máximo mediante la simple observación de la fórmula. Evidentemente, deberá ser:

$$X_g = -X_L$$

Es decir, el primer requerimiento es que la reactancia de la carga sea de igual valor absoluto y signo opuesto a la del generador. Cuando esto se cumple, de las ecuaciones vistas, podemos deducir que:

$$P = V_g . R_L . (R_g + R_L)^{-2}$$

Aplicando a esta ecuación la operación de derivada, se obtiene la segunda condición de máxima transferencia de potencia:

$$R_g = R_L$$

Es decir, la resistencia de la carga debe ser igual a la del generador. Finalmente, el requerimiento completo es:

$$\mathbf{R_g + jX_g = R_L - jX_L}$$

Esto significa que para que la transferencia de potencia entre el generador y la carga sea máxima, la impedancia de esta última debe ser el complejo **conjugado** de la impedancia equivalente de Thevenin del generador.

El concepto de máxima transferencia de energía reviste importancia en los problemas de circuitos de telecomunicaciones, en los que resulta de mayor interés que la obtención de un máximo **rendimiento** (relación entre la potencia útil y la potencia consumida). Debemos tener en cuenta que las condiciones de máxima transferencia de potencia y de máximo rendimiento no coinciden.

Teorema de la Reciprocidad

Para enunciar el teorema de la reciprocidad nos valdremos de los

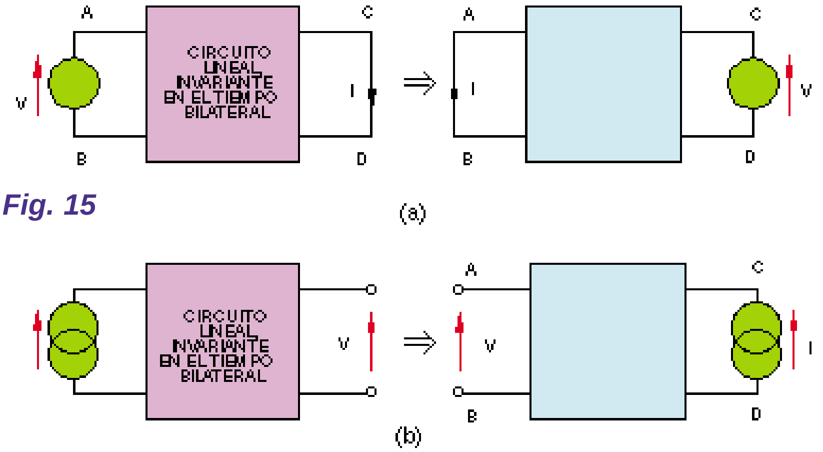


Fig. 15

ejemplos dados en la figura 15, luego podemos decir lo siguiente:

En cualquier circuito lineal, invariable y bidireccional, compuesto únicamente de elementos pasivos, si se aplica una excitación entre dos terminales y se mide la respuesta entre otros dos, se obtendrá el mismo resultado que si se intercambian los terminales de la excitación y la respuesta.

Las partes (a) y (b) de la figura 15 muestran respectivamente los casos de excitación con un generador de tensión y respuesta de corriente y para excitación con generador de corriente y respuesta de tensión. Del enunciado, deducimos que:

- Si una tensión V aplicada en la rama AB produce una corriente I en la rama CD, la misma tensión aplicada en CD producirá igual corriente en la rama AB.

- Si una corriente I aplicada en la rama CD produce una tensión V en la rama AB, la misma corriente aplicada en CD producirá igual tensión en la rama AB.

Según hemos dicho, este principio vale solamente para circuitos lineales y pasivos **bidireccionales** (o **bilaterales**). Esto significa que la causa y el efecto se deben relacionar de la misma manera en un sentido que en el otro. En general, los circuitos que consideramos hasta ahora son bidireccionales, pero en la práctica existen muchos dispositivos que no lo son. Por ejemplo, para transmitir una señal por una emisora, debemos colocar el micrófono en la entrada, dado que si lo conectamos en el lugar de la antena, no tendremos resultados positivos.

Métodos de Resolución de Circuitos

Los métodos generales y teoremas vistos, así como todos los basados en las dos leyes de Kirchhoff, permiten la resolución de los circuitos. En algunos casos, sin embargo, el cálculo se dificulta debido a la gran cantidad de ecuaciones necesarias. Los métodos, que parten de un análisis topológico del circuito, se denominan "de mallas" y "de nodos". Se utilizan determinantes como herramientas de cálculo.

Planteo de las ecuaciones

El gráfico mostrado en la figura 16 es un **gráfico plano**, porque las ramas se cruzan únicamente en los "nodos" (puntos donde convergen más de dos corrientes) del circuito.

Para resolver cualquier problema, es necesario plantear tantas ecuaciones independientes como incógnitas hay.

Estas ecuaciones deben contener todos los parámetros del circuito, todas sus tensiones y todas sus corrientes.

Nota: ecuaciones independientes son aquéllas que no se obtienen por combinaciones de otras del mismo sistema.

En el circuito de la figura 16, supondremos conocidas todas las impedancias y la tensión **V** del generador.

El análisis del circuito (comúnmente denominado "análisis topológico") nos indica que el circuito tiene:

- *7 ramas:*
- *5 nodos*
- *3 mallas:* **A-B-C-A, B-D-C-B y C-D-E-C**

De las 7 ramas, sólo una es activa pues tiene generador, las del resto son pasivas.

Las incógnitas del circuito serán por lo tanto 13, a saber:

- Las corrientes y tensiones de las 6 ramas pasivas

- La corriente de la rama activa

Debemos por lo tanto plantear 13 ecuaciones. Para las ramas pasivas, podemos utilizar directamente la ley de Ohm:

$V_{AB} = I_{AB} Z_1$ (M.1)

$V_{BC} = I_{BC} Z_2$ (M.2)

$V_{BD} = I_{BD} Z_3$ (M.3)

$V_{DC} = I_{DC} Z_4$ (M.4)

$V_{DE} = I_{DE} Z_5$ (M.5)

$V_{EC} = I_{EC} Z_6$ (M.6)

En las tres mallas del circuito utilizaremos la segunda ley de Kirchhoff:

$V_{AB} + V_{BC} - V = 0$ (M.7)

$V_{BC} + V_{DB} - V_{DC} = 0$ (M.8)

$V_{DE} + V_{EC} - V_{DC} = 0$ (M.9)

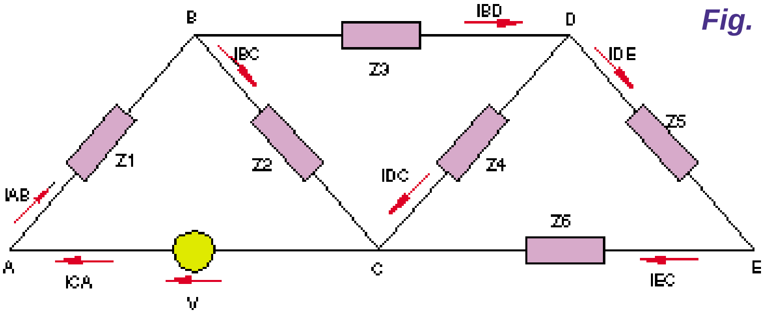


Fig. 16

Por último, en los nodos A, B, D y E aplicamos la primera ley de Kirchhoff para lo cual consideramos a C como nodo de referencia, “puesto a tierra”:

nodo A $I_{CA} - I_{AB} = 0$ (M.10)
nodo B $I_{AB} - I_{BC} - I_{BD} = 0$ (M.11)
nodo D $I_{BD} - I_{DC} - I_{DE} = 0$ (M.12)
nodo E $I_{DE} - I_{EC} = 0$ (M.13)

Tenemos en total 13 ecuaciones independientes. Observándolas junto a la topología del circuito de la figura 16 podemos deducir lo siguiente:

La cantidad de ecuaciones independientes de nodos **n_j** es igual a la cantidad de nodos **n** menos uno (en este caso, el nodo C es el de referencia y las tensiones de los otros nodos se toman con respecto a él).

$n_j = n - 1$ (M.14)

Existen 7 ramas y 3 ecuaciones de mallas. De allí se deduce que:

“El número de mallas (m) es igual a la cantidad de ramas (r) menos la cantidad de nodos independientes”.

Matemáticamente:

$m = r - n_j$ (M.15)

Como existe una tensión y una corriente desconocidas en cada rama pasiva, y una tensión o corriente incógnitas en cada rama que incluya un generador, el total de incógnitas será:

incógnitas = $2r - g$ (M.16)

Donde **r** es la cantidad total de ramas y **g** la de ramas que contienen algún generador. Debemos plantear tantas ecuaciones como incógnitas resulten de la fórmula (M.16).

Esas ecuaciones independientes provendrán de:

- Ramas: **r - g** ecuaciones
- Mallas: **m** ecuaciones
- Nodos: **n_j** ecuaciones

También:
$m + n_j = r$

Por lo tanto, el total de ecuaciones es **2r - g**, igual al de incógnitas. A fin de simplificar el procedimiento, podemos considerar que:

** Cada tensión y corriente en una rama están relacionadas mediante la ley de Ohm. Por ello, podemos considerar que, por ejemplo, las incógnitas primarias son las corrientes, y que las tensiones se calculan posteriormente, una vez conocidas aquéllas.*

** Podemos también considerar una corriente “de circulación” propia de cada malla, y calcular luego, mediante sencillas ecuaciones de suma y resta, las corrientes de aquellas ramas que pertenezcan a más de una malla. Este método se denomina **de las mallas**, y el sistema de ecuaciones que es necesario plantear es dado por la fórmula (M.15):*

$m = r - n_j$

También podemos asignar a cada nodo una tensión con respecto al de referencia, y obtener luego las tensiones de las mallas.

En este caso, se requiere plantear **n_j** ecuaciones, y el método se denomina **de los nodos**.

Puede observar, que la cantidad de ecuaciones que se deben plantear para resolver este circuito que es relativamente sencillo, es muy grande, por ello, nos debemos valer de métodos de resolución eficaces, tales como el “de los nodos o el de las mallas” recién nombrados y de los cuales nos ocuparemos más adelante.

Montaje Completo de una Computadora

Introducción

Las computadoras ensambladas son una buena alternativa para quien desea adquirir un equipo a precio cómodo y con un rendimiento similar e incluso superior al de las máquinas de marca. Pero además, si usted monta su propia computadora, tendrá dos ventajas adicionales al ahorro monetario: *la posibilidad de incrementar sus prestaciones gradualmente, según su presupuesto, y podrá sentar bases para conocer más a fondo las tecnologías con que se integra una PC y, por consecuencia, para la reparación y mantenimiento de estos sistemas.*

Partes de una Computadora Básica

A continuación especificamos las partes de una computadora básica. Las características de ellas pueden variar, dependiendo de la configuración que en particular usted desee y de las ofertas que haya en el mercado de componentes al momento de hacer la compra:

- ***Procesador Pentium II, mínimo de 450MHz de velocidad.***
- ***Tarjeta madre para norma Intel MMX con 512kB de caché, buses PCI e ISA.***
- ***Tarjeta de video de 1 MB de RAM de video.***
- ***32MB de RAM mínimo.***
- ***Unidad de disco duro (8GB mínimo).***
- ***Unidad de disco flexible de 3,5 pulgadas con capacidad de 1,44MB.***
- ***Gabinete minitorre con fuente de poder de 200W.***
- ***Monitor de color Súper VGA de 14”, 15” ó 17”.***
- ***Teclado y mouse.***

Cabe aclarar que hoy existen procesadores muy poderosos, pero un técnico en electrónica aún no precisa un PENTIUM III ni mucho menos; es más hasta un Pentium I de 150MHz brindará excelentes prestaciones y el ahorro de dinero es sustancial.

Describiremos algunas de las

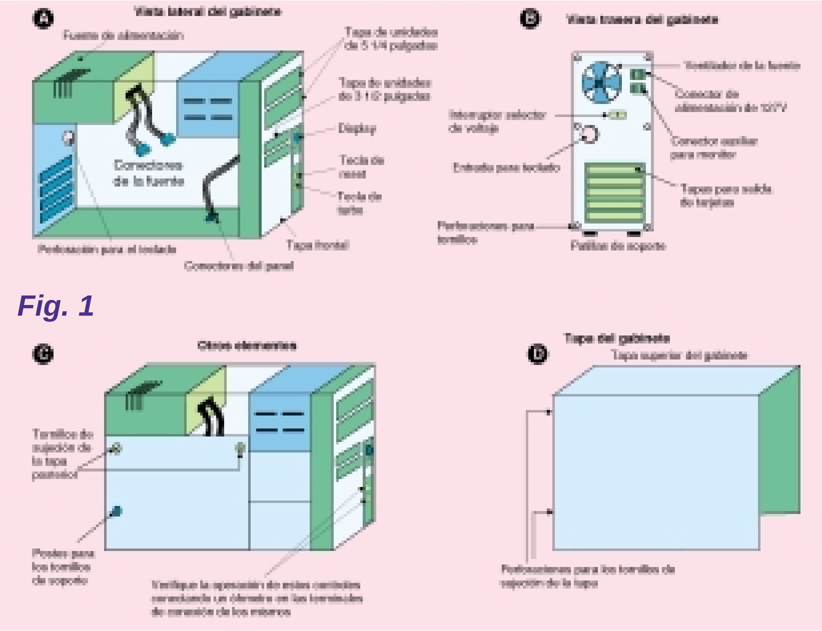


Fig. 1
A
Vista lateral del gabinete
Fuente de alimentación
Tapa de unidades de 5 1/4 pulgadas
Tapa de unidades de 3 1/2 pulgadas
Display
Tecla de reset
Tecla de turbo
Conectores de la fuente
Perforación para el teclado
Conectores del panel
Tapa frontal
B
Vista trasera del gabinete
Ventilador de la fuente
Conector de alimentación de 127V
Interruptor selector de voltaje
Conector auxiliar para monitor
Entrada para teclado
Tapas para salida de tarjetas
Perforaciones para tornillos
Patitas de soporte
C
Otros elementos
Tornillos de sujeción de la tapa posterior
Postes para los tornillos de soporte
D
Tapa del gabinete
Tapa superior del gabinete
Perforaciones para los tornillos de sujeción de la tapa

Verifique la operación de estos controles conectando un óhmetro en las terminales de conexión de los mismos

partes y su respectiva función, aunque no precisamente en el orden estipulado en la lista anterior, y también explicaremos cómo deben ser interconectadas para ensamblar por completo la computadora.

Gabinete y fuente de poder

El gabinete corresponde a la parte estructural de la computadora, y es donde precisamente se alojan las tarjetas de la máquina y las unidades de almacenamiento para formar lo que se conoce como “unidad de sistema”. Hay diferentes modelos de gabinetes, pero nosotros trabajaremos con uno tipo minitorre (figura 1).

Una vez que ha reconocido las partes que conforman el gabinete, pruebe la buena operación de la fuente; para ello, conéctela a la alimentación y cerciórese de que el interruptor selector de voltaje esté en la posición que corresponda al voltaje nominal de alimentación comercial de 220V. Oprima el interruptor de la parte frontal del gabinete para encender el equipo y verifique que el ventilador de la fuente gire. Si dispone de un multímetro, se le recomienda verificar el voltaje de salida en uno de los conectores de la fuente (figura 2).

Tarjeta madre

La tarjeta madre o tarjeta principal (también llamada motherboard), es una tableta de circuito impreso donde se alojan los circuitos de proceso de datos de una computadora y donde se conectan las tarjetas de expansión o de interface, las cuales actúan como intermediarias entre el microprocesador y los periféricos (figura 3). Un sistema básico puede trabajar solamente con una tarjeta de interface: la de video, donde se conecta el monitor; aunque conviene recordar que hasta los sistemas 486, casi siempre era necesario conectar también una tarjeta de puertos I/O, donde se conectaba el mouse, la impresora y las unidades de disco. Sin embargo, en la actualidad, las tarjetas madre incorporan los circuitos necesarios para esas funciones, por lo que ya no se requiere la tarjeta de puertos. Antes de colocar la tarjeta madre en el gabinete, es necesario prepararla conectándole el microprocesador (CPU), un disipador de calor a éste y la memoria RAM y caché, para lo cual debe seguir esta recomendación: antes de que usted toque alguna de las tarjetas de la computadora, es necesario eliminar la carga electrostática de su cuerpo; para ello, toque con ambas manos una tubería de agua y, para mayor seguridad, toque también las partes metálicas del gabinete en las que no haya pintura.

Microprocesador

Para la CPU se destina un zócalo especial, que es una base con terminales internas desplazables que permiten la inserción de dicho circuito. La mayoría de las tarjetas madre actuales, son adaptables a una amplia gama de microprocesadores, entre los que podemos mencionar a la serie K6 de AMD, los 6X86 de Cyrix, así como todos los Pentium de Intel, en sus versiones normal y MMX, con frecuencias que van de 75 a 800MHz. Por lo tanto, la flexibilidad de estas tarjetas hace posible elegir la mejor configuración, de acuerdo con su presupuesto y necesidades específicas.

Para insertar o liberar un mi-

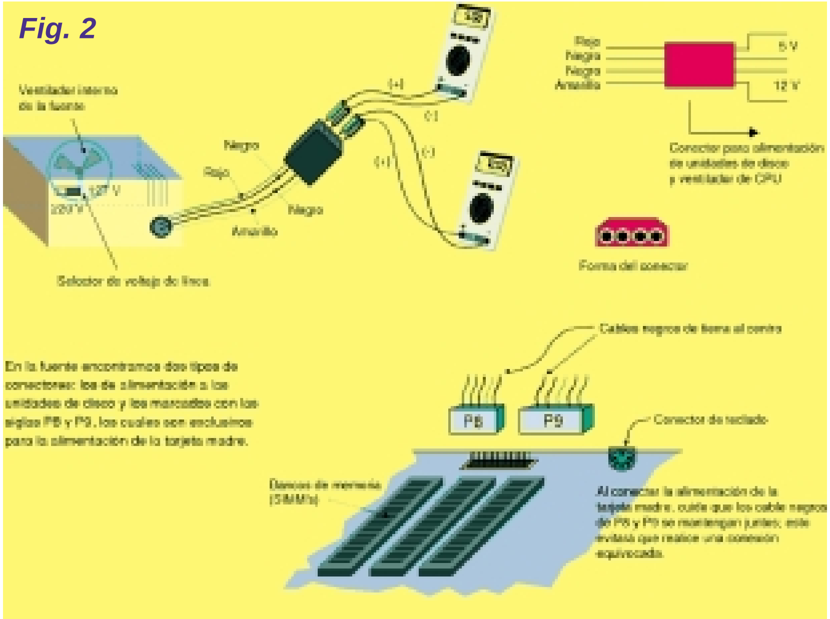


Fig. 2
Ventilador interno de la fuente
127 V
220 V
Selector de voltaje de línea
Negro
Rojo
Negro
Amarillo
(+)
(-)
(+)
(-)
Rojo
Negro
Negro
Amarillo
5 V
12 V
Conector para alimentación de unidades de disco y ventilador de CPU
Forma del conector
Cables negros de tierra al centro
P8
P9
Conector de teclado
Bancos de memoria (SIMM's)

En la fuente encontramos dos tipos de conectores: los de alimentación a las unidades de disco y los marcados con las siglas P8 y P9, los cuales son exclusivos para la alimentación de la tarjeta madre.

Al conectar la alimentación de la tarjeta madre, cuide que los cable negros de P8 y P9 se mantengan juntos; esto evitará que realice una conexión equivocada.

Fig. 3

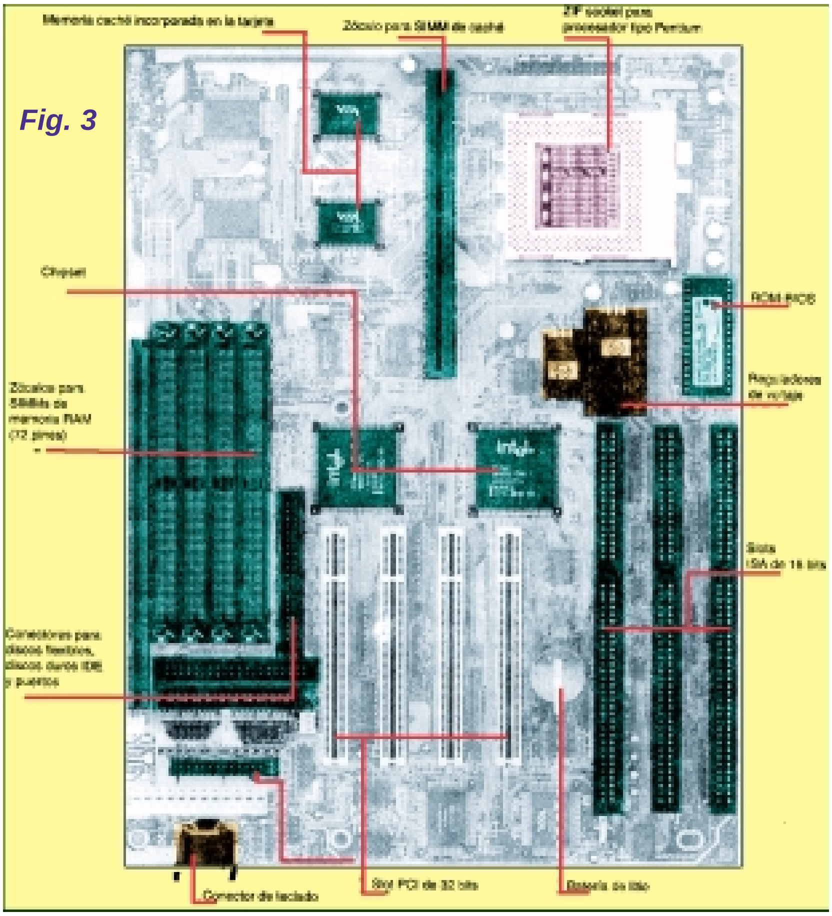
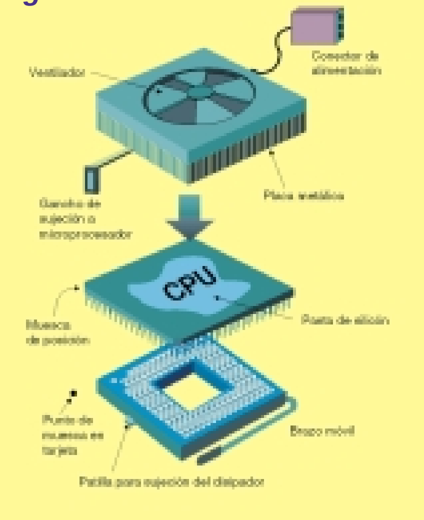

Memoria caché incorporada en la tarjeta
Zócalo para SIMM de caché
ZIF socket para procesador tipo Pentium
Chipset
ROM BIOS
Reguladores de voltaje
Zócalos para SIMMs de memoria RAM (72 pines)
Slots ISA de 16 bits
Conectores para discos flexibles, discos duros IDE y puertos
Conector de teclado
Slot PCI de 32 bits
Batería de litio

Fig. 4


Ventilador
Conector de alimentación
Placa metálica
Gancho de sujeción a microprocesador
CPU
Muesca de posición
Pasta de silicón
Punto de muesca en tarjeta
Brazo móvil
Patilla para sujeción del disipador

croprocesador de la tarjeta principal, basta con levantar el brazo móvil que se localiza precisamente a un lado del zócalo de la CPU. Cuando el brazo está arriba, las terminales internas se separan y entonces puede hacerse el cambio; cuando el brazo se encuentra abajo, las terminales internas se cierran para asegurar así la conexión eléctrica tarjeta madre-CPU, y éste queda mecánicamente fijado en la tablilla (con lo que se previenen falsos contactos). Al introducir la CPU en la motherboard, asegúrese de que la muesca coincida con el punto de inserción indicado en el zócalo (figura 4).

Disipador de calor

A partir de los microprocesadores 486, la temperatura de operación de las CPU se ha incrementado. Para reducir el calentamiento, es necesario colocar sobre la cara superior de estas unidades un disipador de calor, el cual consiste en una placa metálica y un ventilador (figura 4).

Note que seguimos hablando de los viejos 486, pero seamos realistas, muchos técnicos no poseen recursos económicos y aún es posible armar una computadora con apenas $300 con un procesador 486 (ojo que no todas las casas del ramo poseen estos antiguos microprocesadores).

Con el propósito de asegurar el contacto térmico entre el disipador y la CPU, sobre la cara superior de ésta, aplique una pequeña capa de grasa siliconada y enseguida coloque el disipador. Cada disipador viene provisto con un par de ganchos laterales, los cuales le permiten afianzarse sobre la CPU. Antes de colocar el disipador, verifique su buena operación; para ello conecte una de las terminales de conexión de alimentación disponibles de la fuente con el conector del ventilador, encienda la fuente y confirme que éste gire.

FRECUENCIA Y TENSIONES DE OPERACIÓN

Una vez instalados el ventilador y el microprocesador, se requiere configurar la frecuencia y voltajes de operación de este último. Esto se debe a que para cada modelo de microprocesador existe un valor de voltaje y una frecuencia de operación específicos, que son datos que habrá que consultar en el momento de hacer la compra de este dispositivo. Para determinar dichos valores, hay que manipular la posición de un grupo de jumpers o puentes.

Normalmente, sobre la propia tablilla de la tarjeta madre vienen grabadas las especificaciones sobre los valores de voltaje y frecuencia. Estas combinaciones de jumpers se particularizan según el modelo de tarjeta madre; no obstante, en la tabla 1 ofrecemos algunos datos que pueden ayudarle cuando vaya a efectuar la configuración. Por ejemplo, para los microprocesadores Pentium de Intel, se utiliza una tensión de alimentación de 2,8 volts. (Tenga especial cuidado de que el valor de tensión con que cuenta sea el adecuado para el microprocesador elegido, ya que en caso contrario éste puede sufrir daños irreparables.) Dicha tabla le será de mucha ayuda, puesto que le permitirá elegir la combinación correcta frecuencia de ***reloj-factor de multiplicación***. Solamente restará determinar la combinación de puentes que corresponde en la tarjeta principal. Los jumpers P54 y P55, controlan la función de regulador de voltaje simple y doble regulador, respectivamente. Para aquellos microprocesadores que requieren dos tensiones de

Tabla 1

Microprocesador	Frecuencia de operación del microproc.	Frecuencia del reloj en la tarjeta madre	Factor multiplicador
Pentium-60	60	60	1X
Pentium-66	66	66	1X
Pentium-75	75	50	1.5X
Pentium-90	90	60	1.5X
Pentium-100	100	66	1.5X
Pentium-120	120	60	2X
Pentium-133	133	66	2X
Pentium-150	150	60	2.5X
Pentium-166	166	66	2.5X
Pentium-200	200	66	3X
Pentium MMX-166	166	66	2.5X
Pentium MMX-200	200	66	3X
Pentium MMX-233	233	66	3.5X
Pentium III de 400MHz y más de última generación			
K5-75	75	50	1.5X
K5-90	90	60	1.5X
K5-100	100	66	1.5X
K5-120	90	60	1.5X
K5-133	100	66	1.5X
K5-150	150	60	2.5X
K5-166	166	66	2.5X
K5-200	200	66	3X
K6-166	166	66	2.5X
K6-200	200	66	3X
K6-233	233	66	3.5X
AMD de última generación, con mejores prestaciones para aplicaciones interactivas			
6X86-120	100	66	1.5X
6X86-133	110	55	2X
6X86-150	120	60	2X
6X86-166	133	66	2X

operación internos, se utiliza el doble regulador; esta información se encuentra normalmente grabada sobre la superficie del mismo, observe esta información cuando instale su CPU.

MEMORIA RAM Y CACHÉ

El paso siguiente es instalar la memoria RAM del sistema. Como sabemos, la RAM es la parte de la computadora en la que se almacenan los programas y datos mientras ésta se encuentra encendida (de ahí su nombre de volátil). Vea la figura 5.

Por lo que se refiere a la memoria caché, algunos modelos de tarjeta madre traen ya incorporada una cierta cantidad. Pero otros modelos sólo cuentan con 256kB, posibles de ampliar hasta 512kB; para el efecto, sobre la tarjeta se incluye un slot (ranura) de expansión de memoria tipo SRAM. Recordemos que la memoria caché es un paso intermedio entre la memoria RAM y el microprocesador, para reducir el tiempo de acceso a los datos en la RAM (con lo cual la velocidad del sistema aumenta de manera considerable durante la ejecución de programas). Para esto, el caché lee en la RAM los datos almacenados antes de que los requiera el microprocesador. El caché se construye con una memoria más rápida que la RAM y, por lo tanto, su costo es mayor; pero por la misma naturaleza de dicho recurso, se necesita muy poca memoria de este tipo, en comparación con la RAM.

ENSAMBLADO DE LA UNIDAD DE SISTEMA

Como primer paso ya para ensamblar la unidad de sistema, hay que conectar la tarjeta madre. Para ello siga estos pasos (figura 6):

1) Retire los tornillos de sujeción y la tapa posterior del gabinete; coloque enseguida la motherboard sobre la placa de soporte.

2) En los espacios correspondientes de la tarjeta madre, introduzca las bases o soportes de plástico.

3) Coloque uno o dos postes metálicos (según lo permita el gabinete), sobre la tapa posterior.

4) Cuidando que coincidan las perforaciones de la tarjeta madre

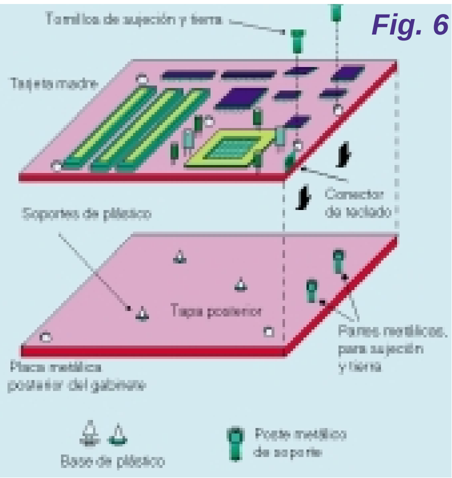

Tornillos de sujeción y tierra
Tarjeta madre
Conector de teclado
Soportes de plástico
Tapa posterior
Pares metálicos, para sujeción y tierra
Placa metálica posterior del gabinete
Base de plástico
Poste metálico de soporte

Fig. 6

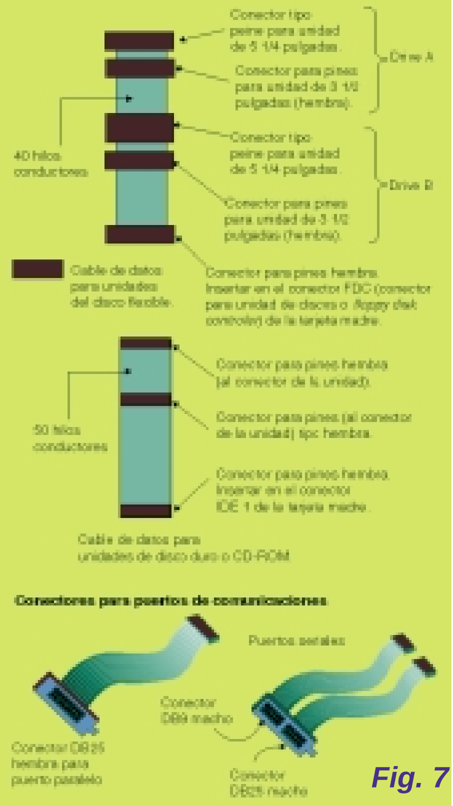
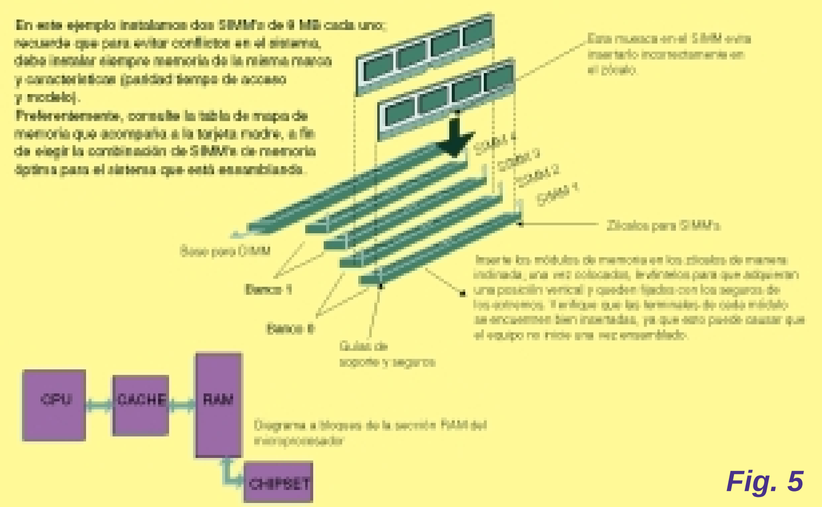

Conector tipo peine para unidad de 5 1/4 pulgadas.
Conector para pines para unidad de 3 1/2 pulgadas (hembra).
Drive A
Conector tipo peine para unidad de 5 1/4 pulgadas.
Conector para pines para unidad de 3 1/2 pulgadas (hembra).
Drive B
40 hilos conductores
Cable de datos para unidades del disco flexible.
Conector para pines hembra. Insertar en el conector FDC (conector para unidad de discos o floppy disk controller) de la tarjeta madre.
Conector para pines hembra (al conector de la unidad).
Conector para pines (al conector de la unidad) tipo hembra.
50 hilos conductores
Conector para pines hembra. Insertar en el conector IDE 1 de la tarjeta madre.
Cable de datos para unidades de disco duro o CD-ROM
Conectores para puertos de comunicaciones
Puertos seriales
Conector DB9 macho
Conector DB25 hembra para puerto paralelo
Conector DB25 macho

Fig. 7



En este ejemplo instalamos dos SIMM's de 8 MB cada uno; recuerde que para evitar conflictos en el sistema, debe instalar siempre memoria de la misma marca y características (paridad tiempo de acceso y modelo).
Preferentemente, consulte la tabla de mapa de memoria que acompaña a la tarjeta madre, a fin de elegir la combinación de SIMM's de memoria óptima para el sistema que está ensamblando.

Esta muesca en el SIMM evita insertarlo incorrectamente en el zócalo.

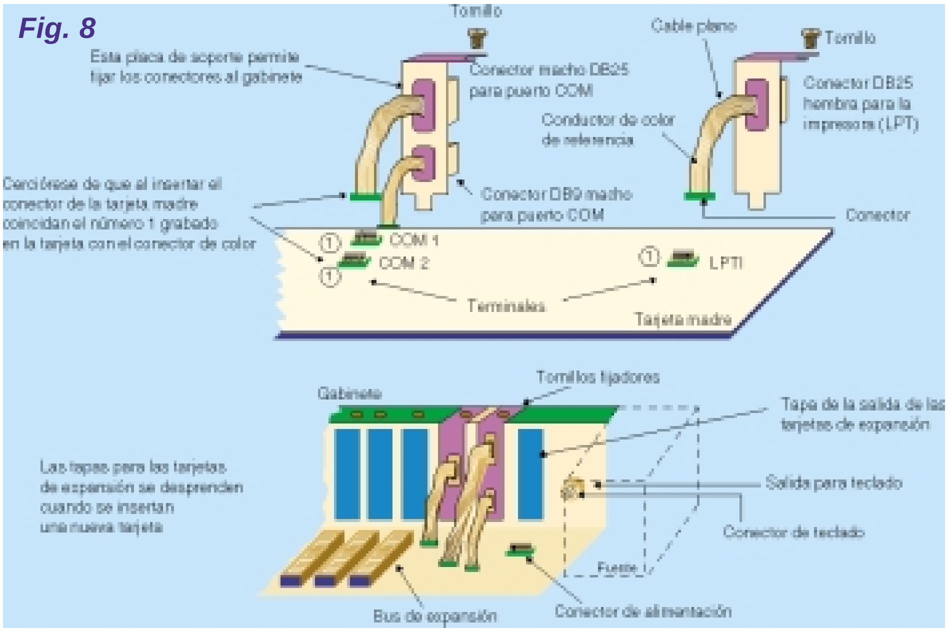
Inserte los módulos de memoria en los zócalos de manera inclinada; una vez colocados, levántelos para que adquieran una posición vertical y queden fijados con los seguros de los extremos. Verifique que las terminales de cada módulo se encuentren bien insertadas, ya que esto puede causar que el equipo no inicie una vez ensamblado.

Diagrama a bloques de la sección RAM del microprocesador

SIMM 4
SIMM 3
SIMM 2
SIMM 1
Zócalos para SIMM's
Base para DIMM
Banco 1
Banco 0
Guías de soporte y seguros
CPU
CACHE
RAM
CHIPSET

Fig. 5

Fig. 8


Tornillo
Cable plano
Tornillo
Esta placa de soporte permite fijar los conectores al gabinete
Conector macho DB25 para puerto COM
Conductor de color de referencia
Conector DB25 hembra para la impresora (LPT)
Cerciórese de que al insertar el conector de la tarjeta madre coincidan el número 1 grabado en la tarjeta con el conector de color
Conector DB9 macho para puerto COM
Conector
①
COM 1
COM 2
①
①
LPTI
Terminales
Tarjeta madre
Tornillos fijadores
Gabinete
Tapa de la salida de las tarjetas de expansión
Las tapas para las tarjetas de expansión se desprenden cuando se insertan una nueva tarjeta
Salida para teclado
Conector de teclado
Fuente
Bus de expansión
Conector de alimentación

con las de la tapa posterior, coloque a aquélla sobre esta última. Luego, mediante uno o dos tornillos fíjela en los postes metálicos.

5) Finalmente, para reinstalar en su sitio original a la tapa posterior del gabinete, fíjela con sus tornillos de sujeción.

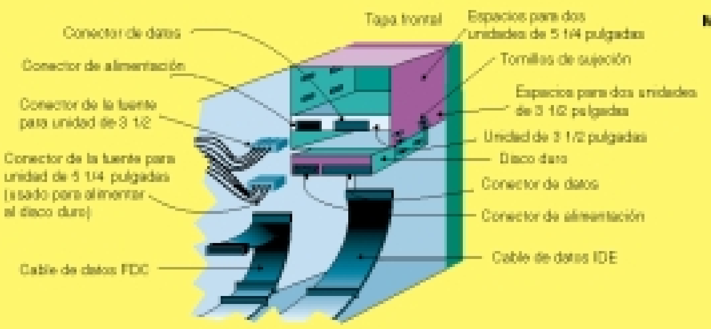
Cuando usted adquiere una tarjeta madre, en el paquete se incluye un conjunto de cables y conectores necesarios para los puertos de comunicaciones y unidades de discos (figura 7). Como se muestra en la figura 8, instale los conectores para los puertos; y antes de conectar el cable de datos en las unidades de disco, se deben colocar éstas en el gabinete y conectar su alimentación (figura 9). No olvide conectar también los cables de datos de las unidades de disco, en los conectores correspondientes en la tarjeta madre.

Ahora hay que conectar la tarjeta de video, para lo cual le sugerimos que seleccione una tipo PCI con por lo menos 1MB de memoria RAM de video (VRAM). La tarjeta madre también debe incluir ranuras de expansión del estándar PCI.

Para insertar la tarjeta en cualquiera de los slots de expansión del estándar PCI, empújela hacia abajo de manera uniforme, colocando dos dedos en sus extremos. Si a pesar de la presión ejercida la tarjeta no entra fácilmente, proceda a verificar que el peine de la misma coincida con la ranura de entrada del slot del bus correspondiente. Por último, fije la tarjeta con un tornillo. En la parte frontal del gabinete, encontrará un grupo de pequeños cables en cuyos extremos hay una serie de conectores. Sobre éstos, existe un grabado que especifica su respectiva función; ahora sólo hay que conectar cada uno en la terminal que le corresponde en la tarjeta madre, en la posición que en esta misma se indica. Dichos cables son:

- Reset: corresponde al botón de reinicializar en el panel frontal del gabinete.
- Turbo: corresponde al botón que desde el panel frontal permite conmutar entre dos frecuencias de operación del microprocesador: una baja y una alta (no incluido en gabinetes modernos).
- Turbo LED: se enciende al activarse la operación en alta velocidad de la computadora.
- Power LED: se mantiene encendido siempre que la computadora lo esté.
- HDD LED: se enciende en el momento en que se realiza un acceso a la unidad de disco fijo.

Por último, coloque la tapa de la máquina y fíjela con los tornillos correspondientes. Enciéndala y entre al programa Setup para dar de alta sus características de configuración; de esto nos ocuparemos en el fascículo 22. ********


Conector de datos
Conector de alimentación
Conector de la fuente para unidad de 3 1/2
Conector de la fuente para unidad de 5 1/4 pulgadas (usado para alimentar al disco duro)
Cable de datos FDC
Tapa frontal
Espacios para dos unidades de 5 1/4 pulgadas
Tornillos de sujeción
Espacios para dos unidades de 3 1/2 pulgadas
Unidad de 3 1/2 pulgadas
Disco duro
Conector de datos
Conector de alimentación
Cable de datos IDE

Monte las unidades de disco en el gabinete, de forma que queden espaciados y fijos con los tornillos de sujeción; no olvide retirar la tapa frontal de la unidad de 3 1/2 pulgadas y acomodarla al nivel del panel frontal.

Fig. 9

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Oscar Montoya Figueroa

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Dispositivos de Montaje Superficial

Cómo se los identifica - Cómo se sueldan y desueldan

20

El Mundo de la Electrónica

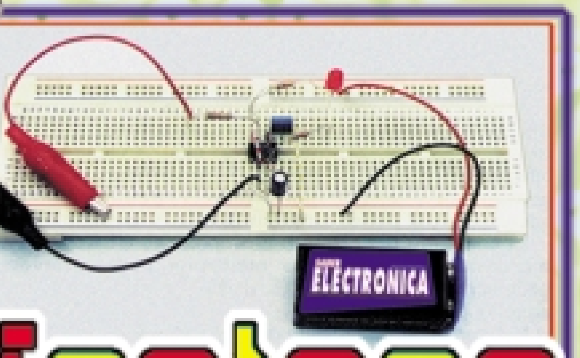
Cómo Suma una Computadora

Todo sobre componentes de Montaje Superficial

Cómo Almacena Información una Computadora

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA

El Control Remoto



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 20

DISPOSITIVOS DE MONTAJE SUPERFICIAL

Antecedentes de los circuitos impresos........................307
Estructura de un circuito impreso............................307
Tipos de circuito impreso 307
Tecnología de montaje superficial.....................308
Encapsulados y denominaciones.....308
Encapsulados para transistores múltiples 309
Transistores de propósito general..309
Diodos de sintonía 310
Diodos Schottky...........................312
Diodos de conmutación...........312
Diodos múltiples de conmutación...............................312
Diodos zéner 312
Herramientas para el soldado de los componentes 312
Cómo soldar un componente SMD 312

EL CONTROL REMOTO

Qué es un control remoto 314
El control remoto digital............314
Propiedades de las emisiones infrarrojas...................314
Estructura física de un control remoto 316
Operación del circuito emisor.......316
El circuito de control de la unidad remota........................317
Operación del circuito receptor 317
El formato de la señal infrarroja 318

TRATAMIENTO DE LA INFORMACION EN UNA COMPUTADORA

Cómo suma una computadora.............................318
Cómo se almacena información en los discos 319
Almacenamiento de información....319

Cupón Nº 20
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 20

Dispositivos de Montaje Superficial

Antecedentes de los Circuitos Impresos

En los primeros aparatos o sistemas electrónicos, cuando la base de la electrónica eran las válvulas electrónicas, la interconexión de sus dispositivos se realizaba montándolos sobre zapatas; es decir, en las terminales metálicas individuales de éstas se soldaban las terminales de cada uno de los componentes. Y para interconectar los terminales de los dispositivos, se tenían que soldar cables conductores entre los terminales de los puentes (en algunas regiones se las denomina zapatas). Obviamente que esta técnica provocaba confusiones al momento de realizar las reparaciones, y además se requería de un cable muy extenso (figura 1). Con el desarrollo del transistor, el tamaño de los componentes se redujo considerablemente; a partir de ese momento pasó poco tiempo para que la técnica de montaje en zapatas se hiciera obsoleta, debido a las numerosas conexiones que tenían que realizarse. Se pensó entonces que quizá convenía colocar cables conductores planos sobre una tablilla de material rígido, para que así el cableado ocupara menos espacio y no tuviese que ser tan largo. Estas fueron las primeras versiones de lo que ahora conocemos como ***“circuitos impresos”.***

Estructura de un Circuito Impreso

Un circuito impreso está formado por una tablilla de material rígido, sobre la cual se dibujan conductores o pistas; éstas permiten la interconexión de los dispositivos electrónicos mediante la soldadura en las terminales de montaje o pads.

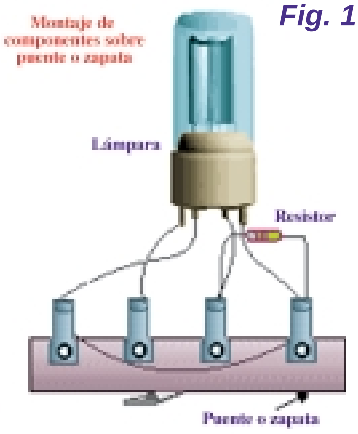
Tipos de Circuito Impreso

Los circuitos impresos varían de acuerdo con la complejidad de los sistemas electrónicos en que son aplicados. Veamos de qué tipo pueden ser:

1) Los más sencillos son los de una cara, en cuyo caso, como el nombre lo indica, las pistas se dibujan sólo sobre uno de sus lados; en los *pads* se realizan perforaciones, y los componentes se insertan en la cara que queda libre (figura 2B) y se sueldan en la que tiene las pistas, esto es, en el ***“lado soldadura”*** (figura 2C).

2) Cuando se aumenta la complejidad de los circuitos, la cantidad de dispositivos electrónicos insertados es mayor; y puesto que entonces aumenta también el número de conexiones por hacer, es necesario que se coloquen pistas conductoras en ambas caras de la tablilla (lo que amplía la cantidad de posibles conexiones). A los circuitos de este tipo se les llama *true-hole*.

Fig. 1



Para que en un *true-hole* las pistas de una cara se conecten con las de la otra, es preciso agregar cobre dentro de las perforaciones.

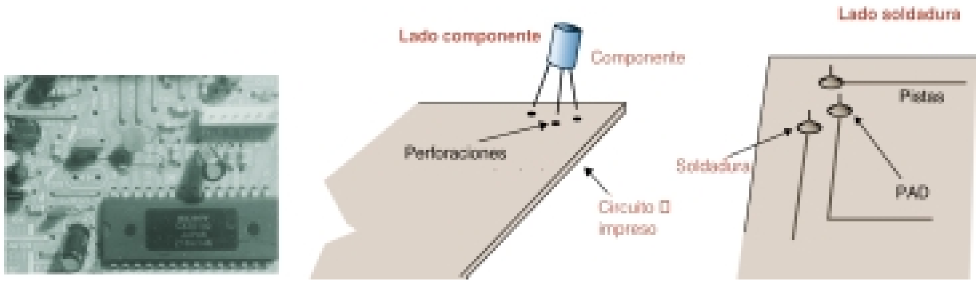
De ahí que sea muy común encontrar perforaciones sin terminales de componentes, porque las mismas sirven sólo de puente entre una cara y otra del impreso (figura 3).

3) Por último, con la finalidad de reducir el área en que se construyen los circuitos impresos, y debido a las numerosas conexiones que deben hacerse en los circuitos integrados de alta escala de integración (VLSI), se diseñaron los circuitos multicapa; internamente, éstos constan de varias hojas muy delgadas que contienen a las pistas y que son comprimidas en una sola tablilla rígida; las conexiones entre los componentes y las diversas capas de pistas se realizan mediante puntos multinivel (figura 4).

4) Gracias al desarrollo de la tecnología monolítica para la fabricación de

Montaje de componentes sobre circuito impreso de una cara

Fig. 2



Montaje de componentes sobre circuito impreso de dos caras (true hole)

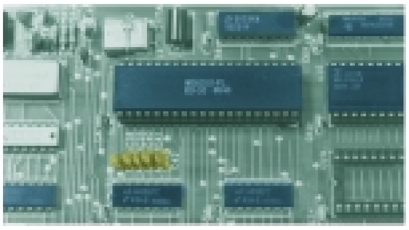
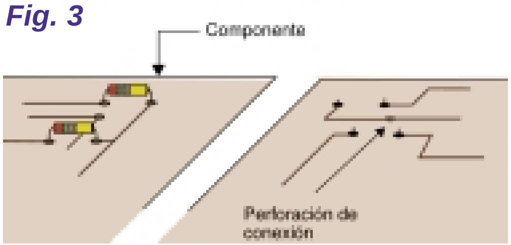


Fig. 3



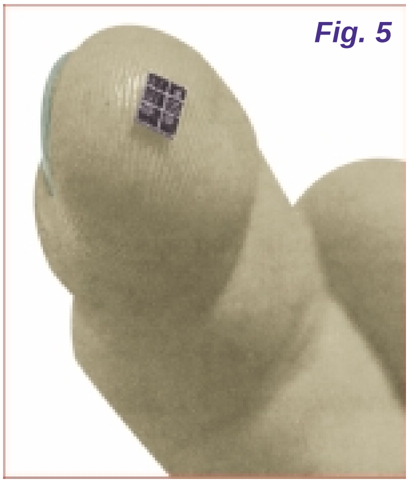


Fig. 5

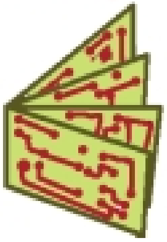
circuitos integrados, en donde a partir de una curia de silicio y, por medio de técnicas como la fotolitografía, la difusión de impurezas y la tecnología planar, se desarrollaron componentes más pequeños; y es por ello que actualmente pueden procesarse al mismo tiempo miles de circuitos. Esto hace que el costo por dispositivo sea muy bajo (figura 5).

5) Con componentes más pequeños, las terminales de conexión utilizadas para circuitos de tipo *true-hole* se volvieron innecesarias; ahora se prefiere soldar los componentes en el ras de la tablilla, de forma que las terminales de ésta se unan directamente con los extremos de las pistas de conexión. A esta técnica de conexión de dispositivos electrónicos, se le conoce con el nombre de ***"tecnología de montaje superficial"***.

Los dispositivos discretos de montaje superficial (transistores, diodos y resistencias) se construyen con tecnología planar, la cual básicamente consiste en transferir la imagen de una mascarilla a la oblea o sustrato de silicio; una resina sensible a la luz ultravioleta se emplea para crear las zonas de protección, las mismas que a su vez forman las secciones de semiconductor de los dispositivos electrónicos.

Después se sigue un proceso de difusión de impurezas, con el que se consigue depositar en las diferentes capas el material P y N. A continuación la oblea es horneada a unos 1.100º C, y se prueba cada uno de los circuitos. Por último, la oblea se recorta y se monta en un encapsulado específico para dispositivos de montaje de superficie.

Circuito impreso multicapa



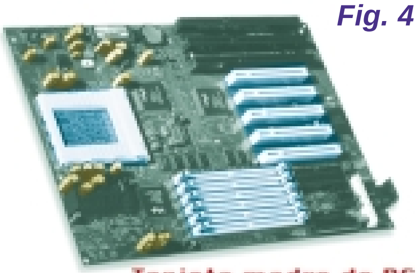


Fig. 4

Tarjeta madre de PC

Tecnología de Montaje Superficial

Podemos afirmar que la **tecnología de montaje superficial** es aquella técnica que sirve para sujetar los componentes y los dispositivos sólo en la superficie del circuito impreso; no se utilizan terminales ni perforaciones en el proceso, sino que el componente se suelda directamente en los extremos de las pistas.

Si observamos un circuito impreso de montaje de superficie, encontraremos perforaciones; mas éstas no son utilizadas para sujetar a los componentes, sino que sólo sirven como conexión entre las caras del circuito impreso. Asimismo, el tamaño tan reducido de los componentes y de los dispositivos ha hecho posible que tanto unos como otros quepan en una mayor cantidad por centímetro cuadrado, que en ningún otro tipo de tecnología.

Es importante señalar que la mayoría de los circuitos electrónicos de montaje superficial emplean también componentes de tipo discreto, como los que encontramos en los *true-hole*.

Encapsulados y Denominaciones

Para los circuitos de montaje superficial, en el mercado electrónico encontramos una amplia variedad de productos. A continuación haremos un recuento de

Tabla 1

Denominación	UCEO U	UCBO U	hFE mín.	ICmáx. mA	fT MHz	IC mA
MMPQ2222A	40	75	40	500	200	20
MMPQ2907A	50	60	50	500	200	50
MMPQ3725	40	60	25	500	250	50
MMPQ3904	40	60	75	10	250	10

Fig. 6 Montaje de componentes sobre circuito impreso de dos caras (true hole)

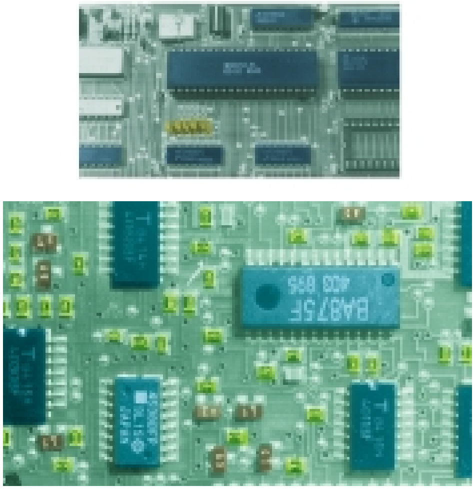
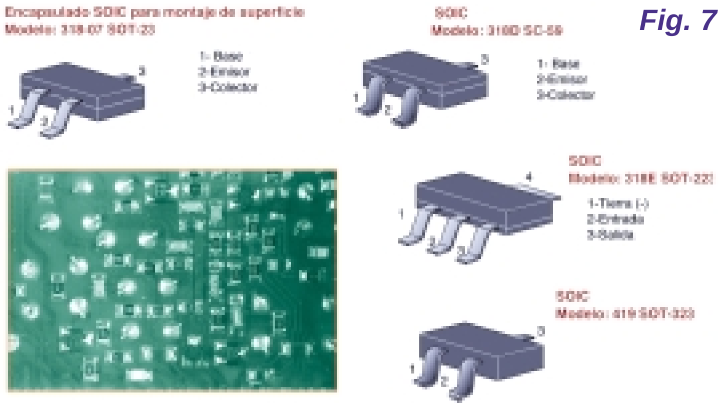


Fig. 7



éstos, con objeto de que el técnico de servicio sepa a cuál recurrir para hacer la sustitución de una pieza defectuosa.

Encapsulados para Transistores Múltiples

La tendencia de la industria es producir circuitos impresos de tamaño pequeño y que utilicen dispositivos con múltiples funciones.

En el caso de los componentes discretos, ha sido posible reducir el área que ocupan en las tablillas; se han encapsulado, a manera de circuitos integrados, varios de estos dispositivos. Esto, a su vez, ha permitido que se reduzcan los costos del ensamble de los circuitos.

Muchos de los dispositivos más populares se pueden conseguir en encapsulados tipo **DIP,** para montaje de superficie (a los encapsulados de montaje de superficie se les designa mediante las siglas en inglés **SOIC**).

Entre los elementos discretos empleados por este tipo de circuitos, se puede señalar a los transistores bipolares ***-para pequeña señal tipo NPN y PNP-*** y a los transistores de efecto de campo (FET) de tipo canal N y canal P.

En la tabla 1 especificamos los dispositivos de montaje de superficie en encapsulado múltiple, los cuales están disponibles en configuraciones NPN y PNP. Su encapsulado se muestra en la figura 6.

También podemos encontrar por separado los transistores para montaje de superficie. En la figura 7 vemos los encapsulados en que se fabrican estos elementos.

Todos los encapsulados para transistores son de plástico, pues éste es un material que proporciona un excelente rendimiento aun en altas temperaturas y ante ambientes de elevada humedad. Estos encapsulados ofrecen además una gran capacidad de disipación de potencia para aplicaciones de pequeña señal.

Es importante mencionar que, a causa de sus reducidas dimensiones, en los circuitos de montaje superficial no puede grabarse la denominación (matrícula) completa a la que corresponden; por eso se utiliza un método abreviado que permite identificarlos fácilmente, y a este código se le conoce como ***"marca".***

Veamos ahora la tabla 2, en la que se describen los modelos más populares de transistores de montaje superficial; ahí pueden consultarse sus características eléctricas, su tipo de encapsulado y su ***"marca"*** de reconocimiento.

Transistores de Propósito General

En la tabla 3 señalamos transistores de propósito general; vea que son diferentes sus encapsulados y sus características eléctricas.

Se ha diseñado un conjunto de transistores, cada uno de los cuales incluye dos resistores de polarización y es de propósito general; también se indican los valores de los resistores, para aquellos casos en que no se obtenga el

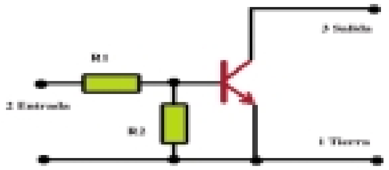
Tabla 2

Transistores de montaje superficial						
Dispositivo	Marca	V(BR)CEO	Mínimo	hFE@Ic Máximo	mA	fT MHz Mínimo
Encapsulado 318-07, tipo NPN						
MMBT6099LT1	KB	80	100	300	1.0	150
BC846ALT1	1A	65	110	220	2.0	100
BC846BLT1	1B	65	200	450	2.0	100
BC817-16LT1	6A	45	100	250	100	200
BC817-25LT1	6B	45	160	400	100	200
BC817-40LT1	6C	45	250	600	100	200
BC847ALT1	1E	45	110	220	2.0	100
BC847BLT1	1F	45	200	450	2.0	100
BC847CLT1	1G	45	420	800	2.0	100
MMBT2222ALT1	1P	40	100	300	150	200
MMBT3904LT1	1AM	40	100	300	10	200
MMBT4401LT1	2X	40	100	300	150	250
BC848ALT1	1J	30	110	220	2.0	100
BC848BLT1	1K	30	200	450	2.0	100
BC848CLT1	1L	30	420	800	2.0	100
Encapsulado 318-07, tipo PNP						
MMBT8599LT1	2W	80	100	300	1.0	150
BC856ALT1	3A	65	125	250	2.0	100
BC856BLT1	3B	65	220	475	2.0	100
MMBT2907ALT1	2F	60	100	300	150	200
BC807-16LT1	5A	45	100	250	100	200

Tabla 3

Transistores de proposito general						
Dispositivo	Marca	V(BR)CEO	Mínimo	hFE@Ic Máximo	mA	fT MHz Mínimo
Encapsulado 318-07, tipo PNP						
BC807-25LT1	5B	45	160	400	100	200
BC807-40LT1	5C	45	250	600	100	200
BC857ALT1	3E	45	125	250	2.0	100
BC857BLT1	3F	45	220	475	2.0	100
MMBT3906LT1	2A	40	100	300	10	250
MMBT4403LT1	2T	40	100	300	150	200
BC858ALT1	3J	30	125	250	2.0	100
BC858BLT1	3K	30	220	475	2.0	100
BC858CLT1	3L	30	420	800	2.0	100
Encapsulado 318D, tipo NPN						
MSD601-RT1	YR	25	210	340	2.0	150
MSD601-ST1	YC	25	290	460	2.0	150
MSD602-RT1	WR	25	120	240	150	200
MSD1328-RT1	1DR	20	200	350	500	200
Encapsulado 318D, tipo PNP						
MSB709-RT1	AR	25	210	340	2.0	100
MSB709-ST1	AS	25	290	460	2.0	100
MSB710-QT1	CQ	25	85	170	150	200
MSB710-RT1	CR	25	120	240	150	200
Encapsulado 419-02, tipo NPN						
MSD1819A-RT1	ZR	50	210	340	2.0	100
Encapsulado 419-02, tipo PNP						
MSB1218A-RT1	AR	45	310	340	2.0	100

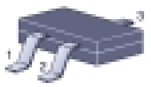
Tabla 4



Transistores de proposito general con resistores de polarización									
Dispositivo		Marca		V(BR)CEO VOLTS Mínimo	hFE@Ic		Ic mA Máximo	R1 Ohm	R2 Ohm
NPN	PNP	NPN	PNP		Mínimo	mA			
Encapsulado 318D									
MUN2211T1	MUN2111T1	8A	6A	50	35	5.0	100	10K	10K
MUN2212T1	MUN2112T1	8B	6B	50	60	5.0	100	22K	22K
MUN2213T1	MUN2113T1	8C	6C	50	80	5.0	100	47K	47K
MUN2214T1	MUN2114T1	8D	6D	50	80	5.0	100	10K	47K

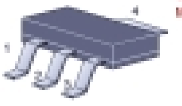
Tabla 5A

Encapsulado SOIC para montaje de superficie
Modelo: 318-07 SOT-23



1- Base
2-Emisor
3-Colector

SOIC
Modelo: 318E SOT-223



1-Tierra (-)
2-Entrada
3-Salida

JFET PARA RADIOFRECUENCIA							
Dispositivo	Marca	NF		Yfs@Vds			V(BR)GSS
		dB Typ	f MHz	mmhos Min	mmhos Max	Volts	
Encapsulado 318-07, canal N							
MMBFJ309LT1	6U	1.5	450	10	20	10	25
MMBFJ310LT1	6T	1.5	450	8.0	18	10	25
MMBFU310LT1	M6C	1.5	450	10	18	10	25
MMBF4416LT1	M6A	[illegible]	100	4.5	7.5	15	30
MMBF5484LT1	M6B	2.0	100	3.0	6.0	15	25
MMBF5486LT1	6H	2.0	100	4.0	8.0	15	25
Terminal 1-Drenaje, 2-Fuente, 3-Compuerta							

reemplazo directo. El arreglo puede construirse utilizando componentes discretos, ya que así se logra su reparación. El diagrama de polarización y la tabla de características de estos transistores se muestran en la tabla 4. Como transistores de propósito general, también pueden utilizarse dispositivos JFET de montaje de superficie. En la tabla 5A tenemos una lista de JFETs que se utilizan generalmente como amplificadores de señales de radiofrecuencia en las bandas de VHF y UHF; en la tabla 5B, un listado de transistores de propósito general que normalmente se utilizan como amplificadores de señal pequeña, amplificadores de corriente directa, amplificadores de audio, amplificadores de baja frecuencia, interruptores de bajo voltaje y osciladores.

DIODOS DE SINTONÍA

Los diodos de sintonía tienen la capacidad de modificar su valor de capacidad en función del voltaje de polarización aplicado en sus terminales.

Estos diodos, que están disponibles para toda la banda de frecuencias utilizadas en electrónica (desde la banda de HF hasta la de UHF), se utilizan en receptores y transmisores de radiofrecuencia. Dentro de estos sistemas, los diodos cumplen una gran cantidad de funciones; por ejemplo:

- *Sintonía de lazo cerrado por fase (PLL).*
- *Ajuste de frecuencia de osciladores locales.*
- *Selectores presintonizados de radiofrecuencia.*
- *Filtros de radiofrecuencia.*
- *Registros de fase de radiofrecuencia.*

- ***Amplificadores de RF.***
- ***Control automático de frecuencia.***
- ***Filtros de video y líneas de retardo.***
- ***Generadores de armónicas.***
- ***Moduladores de frecuencia FM.***

En su construcción, estos dispositivos son dotados de tecnología de unión abrupta o de unión hiperabrupta. La familia de unión abrupta incluye una gama de dispositivos que se emplean en la mayoría de los circuitos sintonizados para rangos pequeños de frecuencia, los cuales cubren sin embargo todo el espectro de frecuencias; por su parte, los diodos de unión hiperabrupta presentan altos valores de radio de capacitancia; dado que esto es particularmente adecuado para cuando se necesitan amplios rangos de selección de frecuencia, es muy común encontrar este tipo de dispositivos en radios de AM/FM y en la sección de sintonía de televisores modernos.

Cabe aclarar que la mayoría de los diodos de montaje superficial vienen en un encapsulado tipo **SOT23** (siglas de *Small Outline Transistor* o transistor de encapsulado pequeño), cuyas características físicas se muestran en la figura 8.

A continuación presentamos un conjunto de diodos de sintonía de unión abrupta, mismos que varían su capacitancia en términos de un radio que va de 20 a 30 voltios; se fabrican en un encapsulado **SOT-23**, tal como se muestra en la figura 9.

Los siguientes dispositivos de montaje superficial contienen dos diodos de sintonía dentro del mismo empaque, y utilizan un encapsulado tipo **SOT-33** (figura 10).

Algunos de los modelos de diodos de sintonía de unión hiperabrupta, en encapsulado **SOT-23**, se indican en la figura 11. Recuerde que el indicador de marca viene impreso en el cuerpo del dispositivo; básicamente es una abreviatura definida por el fabricante, que permite recono-

Tabla 5B

JFET DE PROPOSITO GENERAL							
Dispositivo	Marca	$V_{(BR)GSS}$	Yfs@Vds			I_{DSS}	
			mmhos Min	mmhos Max	Volts	mA Min	mA Max
Encapsulado 318-07, canal N							
MMBF5457LT1	6D	25	1.0	5.0	15	1.0	5.0
MMDF5459LT1	6L	25	2.0	6.0	15	4.0	16
Encapsulado 318-07, canal P							
MMBF5460LT1	M6E	40	1.0	4.0	15	1.0	5.0
Terminal 1-Drenaje, 2-Fuente, 3-Compuerta							

Fig. 8

Encapsulado SOT-23 para montaje superficial

Dimensiones en milímetros

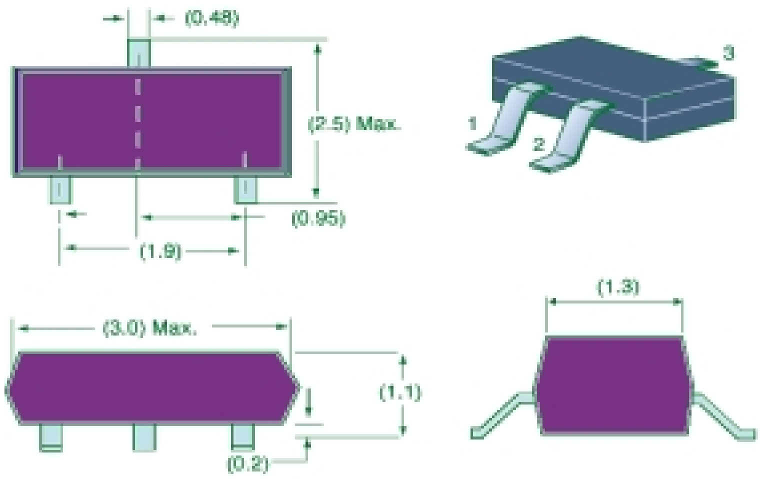
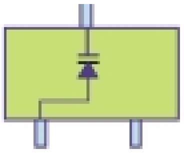


Figura 9

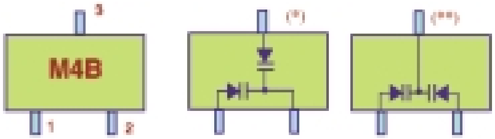
Encapsulado SOT-23 para montaje superficial



Matrícula	Capacitancia (picofaradios)			VR(BR)R Volts min.	Radio Cap (4.0 V, 50 MHz)	Q
	Min.	Nom.	Máx.			
MMBV2101LT1	6.1	6.8	7.5	30	2.5	400
MMBV2103LT1	9	10	11	30	2.5	350
MMBV2104LT1	10.8	12	13.2	30	2.5	350
MMBV2105LT1	13.5	15	16.5	30	2.5	350
MMBV2107LT1	19.8	22	24.2	30	2.5	300
MMBV2108LT1	24.3	27	29.7	30	2.5	250
MMBV2109LT1	29.7	33	36.3	30	2.5	200

Figura 10

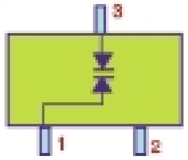
Encapsulado SOT-33 de montaje superficial dual, con dos diodos de sintonía



Matrícula	Capacitancia (picofaradios)			VR(BR)R Volts min.	Radio Cap (3.0 V, 50 MHz)	Q
	Min.	Nom.	Máx.			
MV104	37	42	3	2.5	100	*
MMBV432LT1	43	48.1	2	1.5	100	**

Figura 11

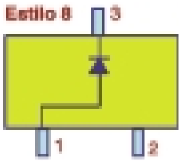
Encapsulado SOT-23 para diodos de sintonía de montaje superficial, con tecnología de unión hiperabrupta



Matrícula	Marca	Voltaje zener
MMSZ5221BT1	C1	2.4
MMSZ5222BT1	C2	2.5
MMSZ5223BT1	C3	2.7
MMSZ5224BT1	C4	2.8
MMSZ5225BT1	C5	3.0
MMSZ5226BT1	D1	3.3
MMSZ5227BT1	D2	3.6

Figura 13

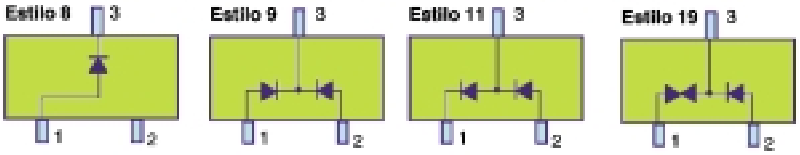
Encapsulado para diodos de conmutación



Matrícula	V(BR)Rmin Volts Pfd	Marca
MMBV3700LT1	200	4R
MMBV3401LT1	35	4D

Figura 12

Configuración de los diodos dentro del encapsulado



Matrícula	V(BR)R Volts Pfd	CTmax	Marca	Estilo
MMBD701LT1	70	1.0	5H	8
MMBD301LT1	30	1.5	4T	8
MMBD101LT1	7.0	1.0	4M	8
MMBD352LT1	7.0	1.0	M5G	11
MMBD353LT1	7.0	1.0	M4F	19
MMBD354LT1	7.0	1.0	M6H	9

cer cada tipo de dispositivo de montaje superficial.

Diodos Schottky

Los diodos Schottky de alto nivel de portadores, llamados *Hot-carriers*, se utilizan como mezcladores y detectores de alta frecuencia en las bandas de **VHF y UHF;** y, en general, en la mayoría de las aplicaciones donde haya señales de alta frecuencia.

Estos dispositivos presentan características eléctricas muy estables, gracias a la eliminación del diodo de punto de contacto. En poco tiempo, tal particularidad será aprovechada en muchas aplicaciones electrónicas.

Ahora veremos un grupo representativo de diodos Schottky en su versión de *Hot-carrier*, los cuales se fabrican en encapsulados de montaje superficial (figura 12).

Diodos de Conmutación

Los diodos de conmutación, que son dispositivos que manejan pequeñas señales, se utilizan para conmutación de baja corriente y aplicaciones de conducción.

En la tabla de la figura 13 señalamos dos diodos de conmutación de montaje superficial; se indica también el encapsulado para estos dispositivos.

Diodos Múltiples de Conmutación

Para ahorrar espacio y costos, se encapsulan diferentes configuraciones de diodos de conmutación en empaques de soldadura superficial. En la figura 14 se muestra el encapsulado y las configuraciones para estos diodos.

Diodos Zener

Recordemos que los diodos zener son dispositivos semiconductores que durante su operación normal deben polarizarse de manera inversa; así, pueden hacer que en los extremos de sus terminales se mantenga constante el voltaje, independientemente de la cantidad de corriente que consuma el circuito.

Uno de los parámetros importantes de los diodos zener, es precisamente el voltaje de zener; se trata del valor de voltaje para el que cada uno de estos dispositivos fue diseñado, con el propósito de mantener constante justamente la alimentación.

Los diodos zener son ampliamente utilizados en circuitos de montaje superficial.

En la figura 15 se muestra el encapsulado típico para la lista anexa.

Herramientas para el Soldado

De entrada, puede pensarse que soldar es un trabajo relativamento sencillo; y en realidad lo es, cuando se realiza en circuitos impresos de una cara. Pero la técnica de soldadura cambia cuando el trabajo se hace en circuitos de montaje superficial, porque los componentes son demasiado pequeños; de ahí que haya aparecido en el mercado toda una serie de herramientas (cautines, puntas, estaciones de soldado, etc.) que permiten soldarlos correctamente.

Además de ciertas herramientas especializadas, se requiere una sustancia fundente de soldadura preparada con alcohol isopropílico y que se vende de manera común en el mercado electrónico. En Argentina y México a esta sustancia se le conoce con el nombre de ***flux*** (fundente, en inglés) y, además de facilitar el proceso de soldado de componentes, una vez que se ha seca-

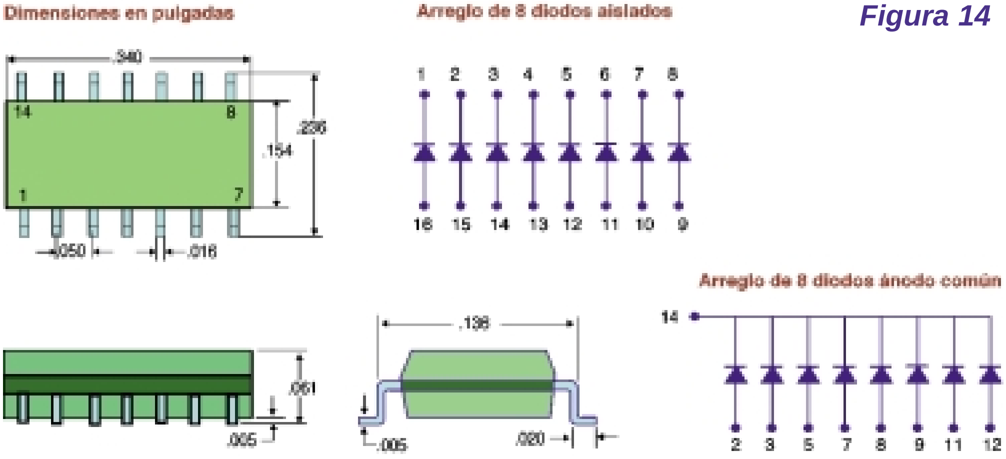

Dimensiones en pulgadas
.340
14
8
1
7
.154
.236
.050
.016
.061
.005
Arreglo de 8 diodos aislados
1 2 3 4 5 6 7 8
16 15 14 13 12 11 10 9
.138
.005
.020
Arreglo de 8 diodos ánodo común
14
2 3 5 7 8 9 11 12

Figura 14

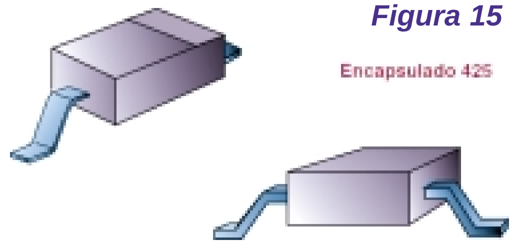

Encapsulado 425

Figura 15

Matrícula	Marca	Voltaje zener
MMSZ5221BT1	C1	2.4
MMSZ5222BT1	C2	2.5
MMSZ5223BT1	C3	2.7
MMSZ5224BT1	C4	2.8
MMSZ5225BT1	C5	3.0
MMSZ5226BT1	D1	3.3
MMSZ5227BT1	D2	3.6

do el estaño, actúa como aislante eléctrico.

CÓMO SOLDAR UN COMPONENTE DE SOLDADURA SUPERFICIAL

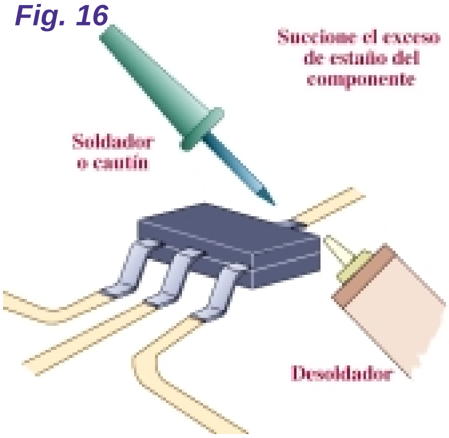
Soldar un dispositivo discreto de montaje superficial (por ejemplo, un transistor o un diodo), implica la necesidad de recurrir a una técnica diferente a la que se emplea para componentes convencionales. De tal suerte, hay que contar al menos con los siguientes materiales:

- *Un soldador (cautín) de estación de 30 watts (debe conectarse a un contacto con la terminal de tierra habilitada, y una punta delgada).*
- *Una jeringa de 3 ml.*
- *Un broche de lámina para encuadernar (como los tipo “Baco“).*
- *Estaño (soldadura).*
- *Líquido fundente.*
- *Desoldador de aire o pistón.*
- *Un palillo.*

Procedimiento

1) Para desoldar el componente dañado y separarlo de la tablilla de circuito impreso, retire la mayor parte de la soldadura que existe en sus extremos; esto requiere calentar la soldadura, y luego succionarla mediante el desoldador de aire (figura 16).

Fig. 16


Succione el exceso de estaño del componente
Soldador o cautín
Desoldador

2) Coloque la punta del palillo en la parte inferior del componente, y caliente ligeramente cada una de las terminales de éste; para que el dispositivo se separe de la placa del circuito impreso. Aplique un poco de fuerza (figura 17).

3) Con mucho cuidado, coloque el nuevo componente sobre la placa del circuito impreso; pero asegúrese de que las terminales queden acomodadas tal como corresponde (figura 18).

4) Tome el broche de lámina, y con la ayuda de unas pinzas moldéelo hasta que quede con la forma que se muestra en la figura 19. La **“herramienta“** obtenida cumple dos funciones: servir como disipador de calor (con lo que se evita que el componente sea destruido cuando esté siendo soldado), y asegura la posición del mismo sobre la tablilla (para prevenir que se mueva y entonces se suelde equivocadamente).

5) Aplique líquido fundente en las terminales del componente.

6) Oprima el componente con

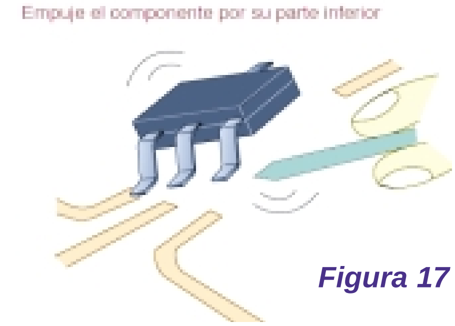

Empuje el componente por su parte inferior

Figura 17

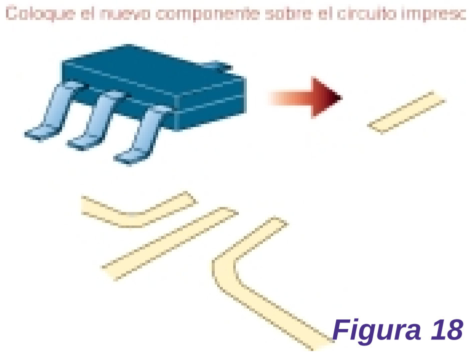
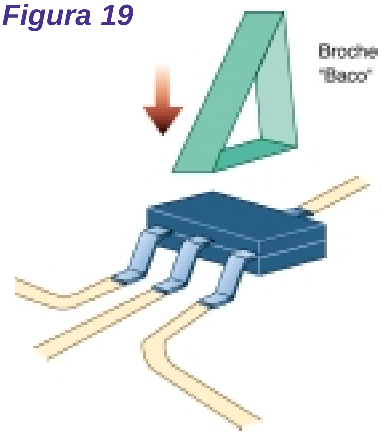

Coloque el nuevo componente sobre el circuito impres

Figura 18

Figura 19


Broche
"Baco"

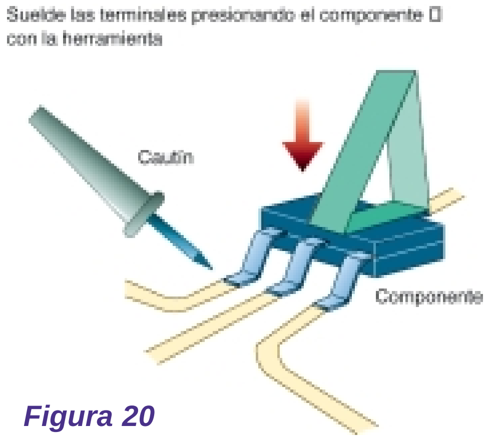

Suelde las terminales presionando el componente □ con la herramienta
Cautín
Componente

Figura 20

la **"herramienta"** que creó, y suelde sus terminales (figura 20).

Debido a las pequeñas dimensiones de los componentes de montaje superficial, es necesario practicar lo suficiente en tablillas de desperdicio; el objetivo es dominar la técnica para soldarlos, puesto que así se reduce la posibilidad de dañar las tablillas de circuitos que estén en buenas condiciones de operación.

El Control Remoto

QUÉ ES UN CONTROL REMOTO

Un control remoto es una unidad externa con la que es posible operar un equipo a distancia, esto es, sin que el usuario tenga la necesidad de establecer algún contacto físico con el sistema asociado; por ello, en el control remoto se concentra el manejo de las diversas funciones del equipo al que complementa.

En los aparatos electrónicos domésticos el uso de este dispositivo permite acceder a los distintos controles y prestaciones del equipo; encendido, cambio de canal, conmutación de funciones, nivelación de volumen, congelamiento de imágenes, efectos especiales, etc. Incluso en algunos televisores modernos, diversos ajustes que antes el técnico debía efectuar mediante *presets,* ahora se llevan a cabo vía el control remoto, modificando los valores de ciertas memorias internas que a su vez controlan a sendos potenciómetros digitales (figura 1).

Es importante resaltar que el rango de prestaciones otorgadas por un control remoto dependerá del diseño específico de cada equipo.

Cabe mencionar que la evolución que este accesorio ha experimentado al paso del tiempo, no ha modificado su principio básico de operación: ***un transmisor envía las instrucciones codificadas mediante algún canal de comunicación hacia un receptor alimentado permanentemente, el cual capta la señal y la envía en forma de pulsos eléctricos al sistema de control, donde el comando específico es identificado para proceder a ordenar su ejecución.***

EL CONTROL REMOTO DIGITAL

La principal característica del control remoto moderno es que se apoya en la tecnología de las emisiones infrarrojas para la transmisión de órdenes entre la unidad remota y el aparato receptor.

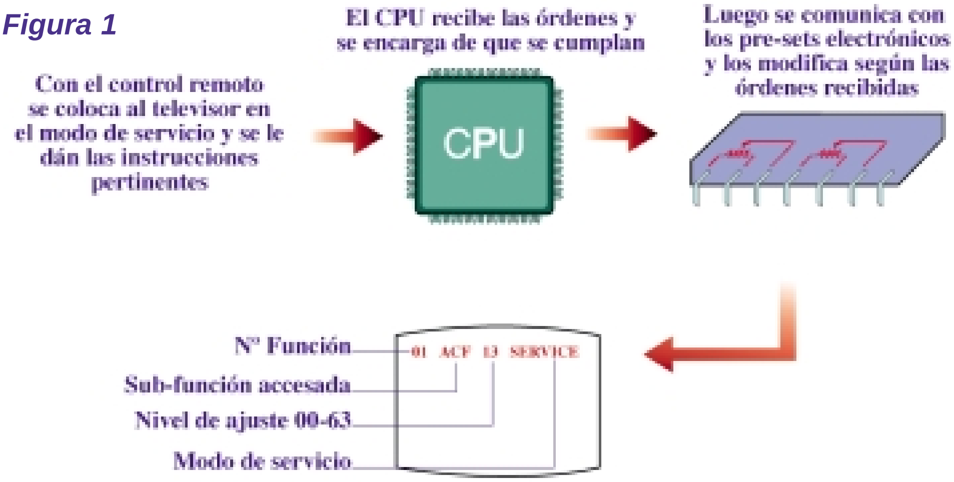
Analicemos cómo trabajan estos accesorios, cuáles son las señales que emiten y algunos aspectos relevantes de su operación.

PROPIEDADES DE LAS EMISIONES INFRARROJAS

La luz infrarroja es una emisión electromagnética cercana al espectro de la luz visible (figura 2). Entre las propiedades que le otorgan ventaja sobre otros sistemas utilizados anteriormente, resaltan:

- ***Son ondas al-***

Figura 1


El CPU recibe las órdenes y se encarga de que se cumplan
Luego se comunica con los pre-sets electrónicos y los modifica según las órdenes recibidas
Con el control remoto se coloca al televisor en el modo de servicio y se le dán las instrucciones pertinentes
CPU
Nº Función
Sub-función accesada
Nivel de ajuste 00-63
Modo de servicio
01 ACF 13 SERVICE

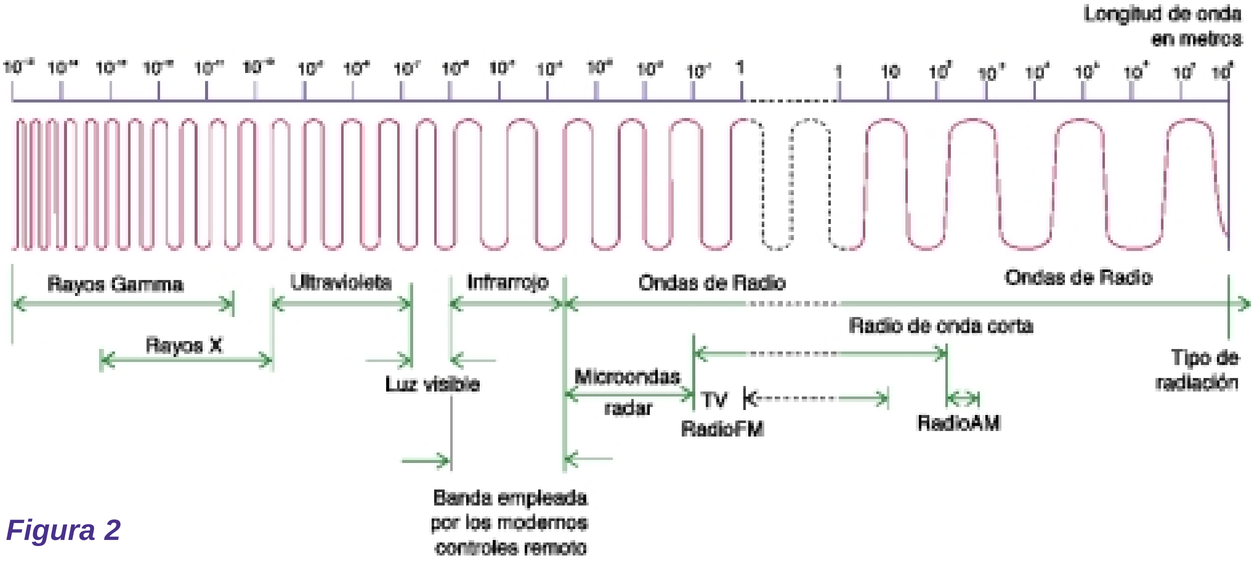

Longitud de onda en metros
Rayos Gamma
Ultravioleta
Infrarrojo
Ondas de Radio
Ondas de Radio
Rayos X
Radio de onda corta
Luz visible
Microondas radar
TV
RadioFM
RadioAM
Tipo de radiación
Banda empleada por los modernos controles remoto

Figura 2

tamente direccionales, por lo que es necesario "apuntar" o dirigir el accesorio remoto hacia el aparato sujeto a control, sin afectar a otros equipos que se ubiquen de manera cercana a la trayectoria de los rayos.

- ***Su rango de acción es muy limitado (un máximo promedio de siete metros), lo cual impide que las señales "salgan" del recinto donde se generan y afecten a otros aparatos de habitaciones contiguas.***
- ***Los LEDs (diodos emisores de luz) son muy económicos y su operación es muy confiable.***
- ***Debido a la naturaleza particular de las ondas de luz, es posible enviar datos a muy alta velocidad, con la certeza de que tanto la emisión como la recepción serán adecuadas.***
- ***La emisión de rayos luminosos por medio de un LED consume un mínimo de energía, lo que prolonga la vida útil de las baterías empleadas.***

Desde que los fabricantes decidieron aprovechar un rayo de luz para el envío de información, consideraron más apropiado no utilizar emisiones del espectro visible, lo que podría ser molesto para los usuarios en determinadas circunstancias, sino la porción que se ubica justo abajo de la frecuencia correspondiente al color rojo (de ahí el nombre de ***"zona de infrarrojo"***). Y si bien este tipo de rayos constituye una fuente de calor, para las magnitudes tan limitados que se requieren en el envío de datos no representa ningún riesgo.

Adicionalmente, las emisiones infrarrojas tienen una propiedad que las hace idóneas para estas aplicaciones: permiten eliminar las interferencias de la luz visible de una manera muy sencilla; basta simplemente con colocar en la etapa receptora una ventana de cristal o plástico de color rojo oscuro transparente. De esta manera, se garantiza que cualquier rayo de luz de una frecuencia por arriba de la frecuencia del rojo sea bloqueado, mientras que las frecuencias inferiores pueden pasar sin problemas.

Figura 3

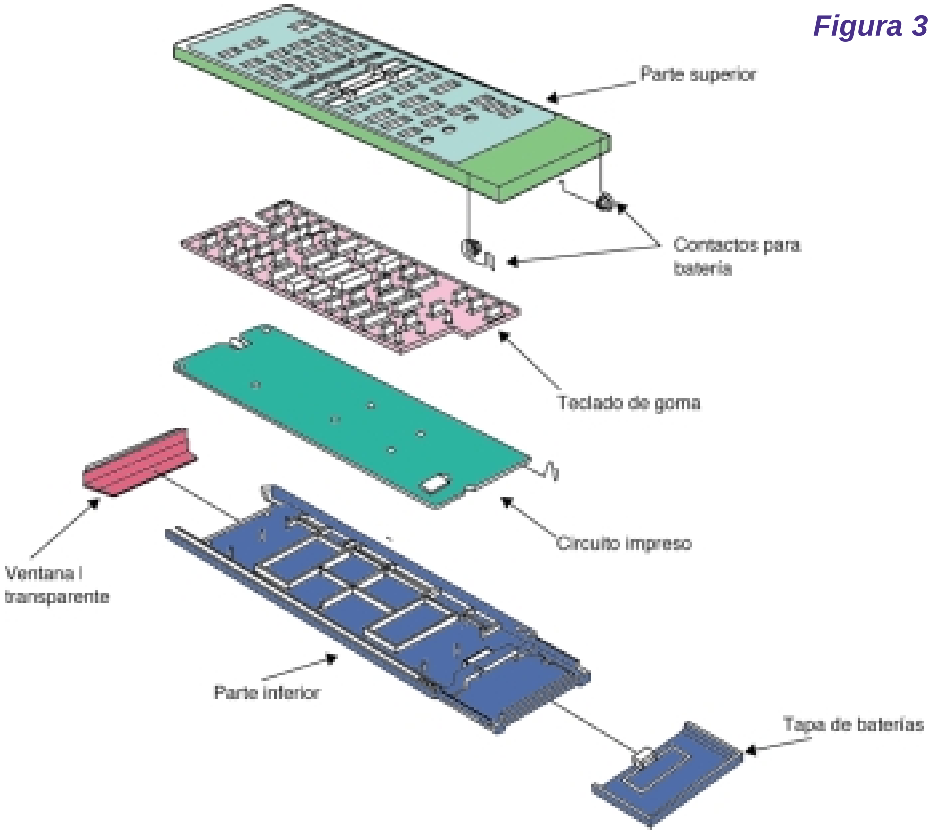
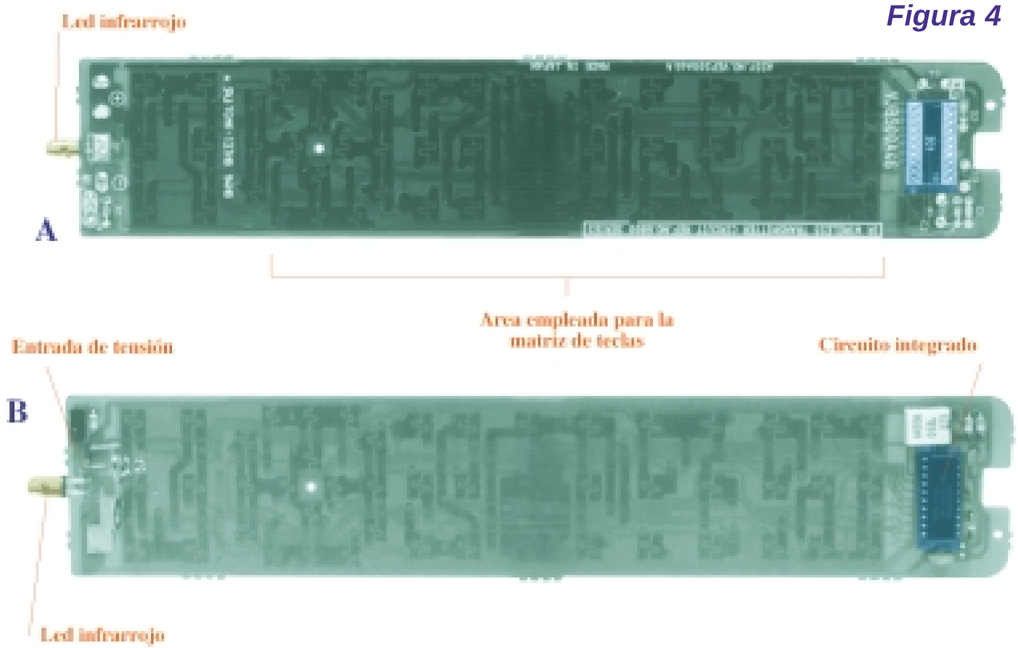

Parte superior
Contactos para batería
Teclado de goma
Circuito impreso
Ventana transparente
Parte inferior
Tapa de baterías

Figura 4



Estructura Física de un Control Remoto

Veamos cómo está construido un control remoto. El gabinete que contiene a los circuitos, por lo general está formado por tres piezas independientes: las tapas superior e inferior y la que corresponde al compartimiento de las baterías (figura 3).

En el interior de la unidad destaca una placa de circuito impreso (figura 4) en la que se alojan todos los componentes electrónicos que detectan las órdenes y transmiten los pulsos de rayos infrarrojos.

Se puede apreciar fácilmente que la mayor parte del área ocupada por este impreso corresponde a la matriz de teclas, mientras que en un extremo se ubica el circuito integrado de control, algunos componentes periféricos (capacitor o condensador, resistencias, cristal oscilador), los transistores excitadores y el diodo emisor del haz infrarrojo. También, en un extremo se ubica la entrada de voltaje (donde se conectan las baterías).

Otra pieza que destaca es el teclado de goma, donde se concentran todos los botones de control (figura 5). Este elemento recibe el nombre de ***"teclado tipo membrana"***, debido a su construcción interna.

Si se cortara una de las teclas se podría apreciar que el botón de goma va conectado a una pequeña membrana en forma de domo orientado hacia abajo, el cual a su vez está recubierto por una capa de compuesto de ferrita, material cuyas propiedades conductoras son excelentes. Justamente, dicha capa permite el cortocircuito en las terminales de cada interruptor, mismas que se encuentran grabadas en el propio circuito impreso; de esta manera, la pequeña membrana ubicada en la parte inferior de cada tecla hace las veces de resorte, regresando el botón a su posición original una vez que deja de presionarse (figura 6).

Operación del Circuito Emisor

Analicemos la operación de un control remoto típico. Vea el diagrama esquemático que se muestra en la figura 7 y observe que el teclado es de tipo matricial, es decir, cuenta con una serie de columnas y renglones en cuyos nodos o intersecciones se colocan las teclas, una para cada cruce.

La manera en que funcionan estos teclados es la siguiente: el circuito de control (al cual llegan todas las columnas y renglones) expide una serie de pulsos, ya sea a

Figura 6

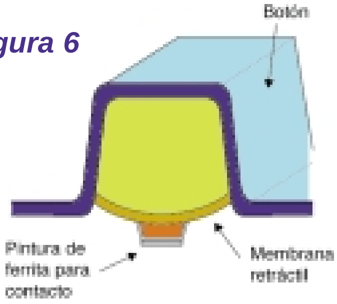


Figura 5

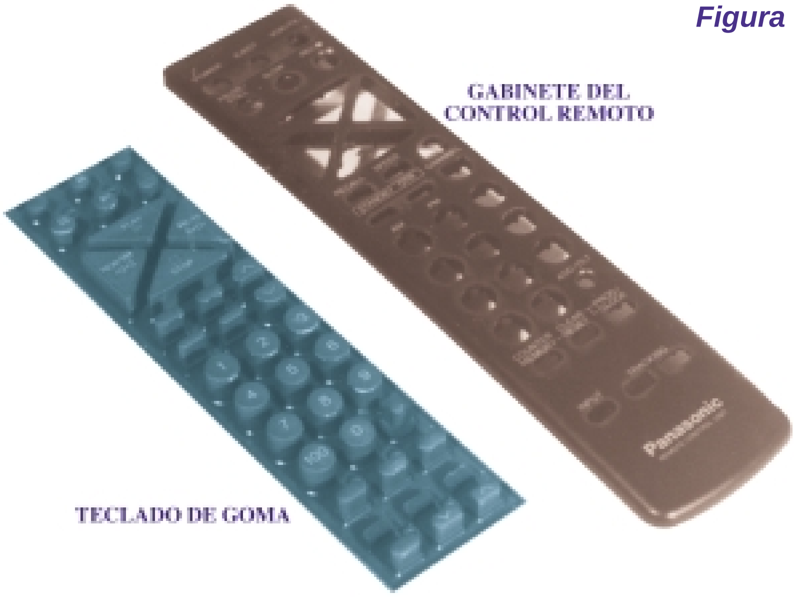
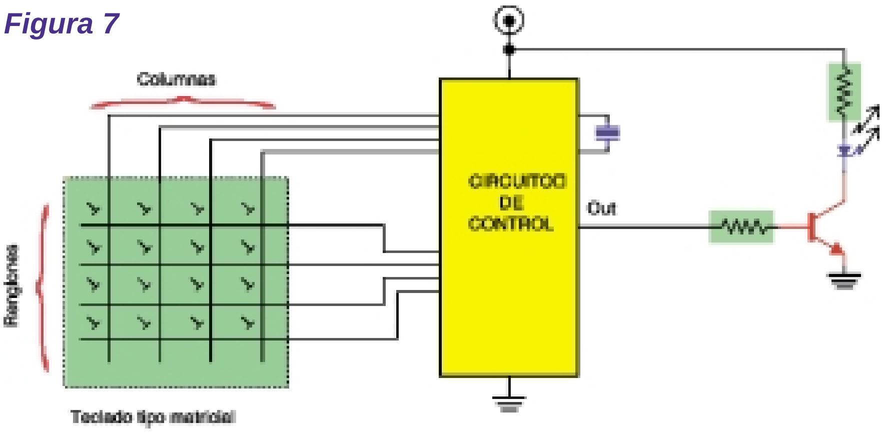


Figura 7



través de los propios renglones o de las columnas, pero de línea en línea.

En los controles donde el integrado expide los pulsos por la línea de las columnas, se inicia el procedimiento "encendiendo" primero la línea correspondiente a la columna 1 y chequea (***"checa"***, como se dice en Centroamérica) que no exista entrada en alguna de las líneas asociadas a los renglones; si no detecta ninguna señal entonces ***"apaga"*** a la primera columna y ***"enciende"*** a la segunda para volver a checar los renglones. Y así sucesivamente el proceso se repite cuantas veces sea necesario hasta que se haya encendido la última columna, de tal manera de que si no se detecta ninguna tecla activada, el circuito integrado regresa a su posición inicial y comienza de nuevo el muestreo en la columna 1, reiniciando el ciclo.

En el caso de que sí haya sido presionada una tecla, por ejemplo la que corresponde a la intersección de la segunda columna con el cuarto renglón, el circuito de control ***"enciende"*** la primera columna y checa sus entradas de renglones; como no encuentra señal, ***"apaga"*** esta línea y ***"enciende"*** la segunda, en cuyo caso detecta la tecla activada, lo cual significa que los mismos pulsos que expide el circuito de control por la línea de la columna 2 los capta por la línea del renglón 4, indicando entonces que la tecla C2-R4 ha sido presionada.

Como resultado de esta acción, el circuito integrado consulta una tabla interna que le indica el proceso a efectuar cuando encuentre activada dicha combinación, traduciéndose por lo general en una serie de pulsos de salida que llegan a un excitador (la mayoría de veces no es más que un transistor de switcheo), el cual va conectado al LED o LEDs infrarrojos que se encargan finalmente de enviar las instrucciones al receptor en forma de un rayo de luz.

Y no importa si el tiempo en que dura la tecla presionada es muy corto. De todas formas el circuito de control detecta dicha acción, debido a que el ciclo de muestreo del teclado es muy rápido, llegando a producirse varios cientos de muestreos por segundo.

El Circuito de Control de la Unidad Remota

Prácticamente desde que se demostró la factibilidad de los controles basados en emisiones infrarrojas, los diseñadores eligieron la transmisión de datos de tipo digital; esto es, "1's" y "0's" que son captados por el receptor incluido en el aparato y enviados a un microprocesador incluido en el **Syscon** (sistema de control), una etapa digitalizada donde a su vez se identifica el código binario respectivo, para proceder a la ejecución de las órdenes correspondientes.

Por lo tanto, el circuito de control que se incluye en la unidad remota forzosamente debe ser de tipo digital; de hecho, es básicamente otro microcontrolador, aunque con un objetivo muy limitado, pero con todos los elementos que caracterizan a este tipo de circuitos: una señal de reloj, un *reset*, una memoria interna, puertos de entrada de datos y puertos de salida así como un núcleo de microprocesador que se encarga de la ejecución de todas las instrucciones que le permiten hacer un muestreo a las líneas del teclado, identificar las distintas teclas y expedir en su línea de salida la orden correspondiente; y todo esto dentro de un encapsulado muy pequeño, que en raras ocasiones rebasa las veinte terminales.

Operación del Circuito Receptor

Ya sabemos entonces que la comunicación entre el circuito emisor y el receptor de un control remoto, se efectúa mediante pulsos binarios transmitidos por medio de luz infrarroja. Expli-

Figura 8

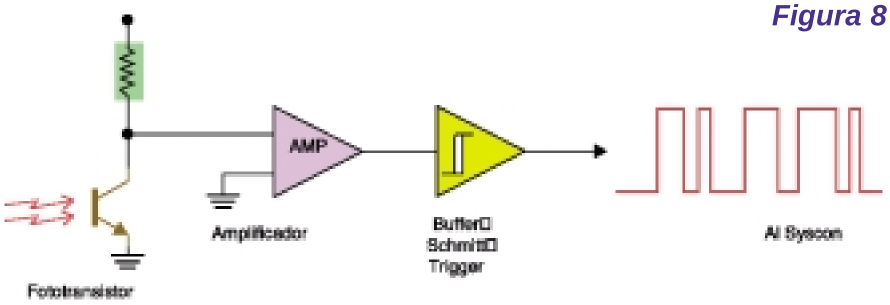
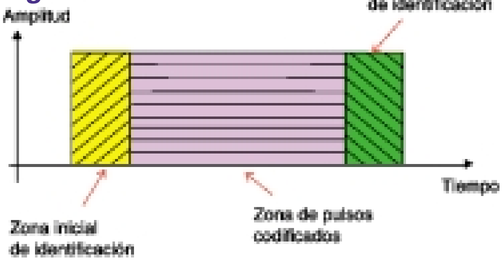


Figura 9



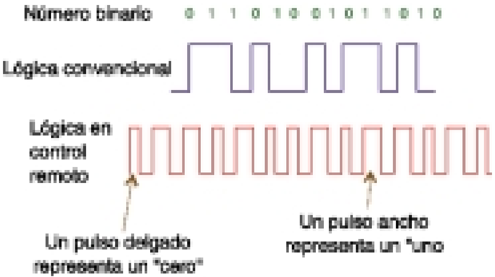


Figura 10

quemos ahora cómo se efectúa la recepción y ejecución de las instrucciones correspondientes.

En la figura 8 se muestra el diagrama del circuito receptor de un control remoto típico, el cual se incluye en el aparato respectivo. Por lo general se trata de un fototransistor que recibe la energía infrarroja (recordemos que un fototransistor sólo conduce cuando recibe energía luminosa), y en cuyo colector se toma una muestra de los pulsos que se reciben, los que a su vez pasan a un pequeño circuito que les da forma para expedirlos con el formato y el nivel adecuados.

El Formato de la Señal Infrarroja

En la figura 9 se muestra la forma general de los pulsos que se obtienen a la salida de cualquier unidad remota; puede observar que al principio se tiene una zona de identificación, en la cual se envían uno o varios pulsos que le permiten al receptor identificar que esa orden proviene de "su" control asociado. Enseguida se tiene una serie de pulsos codificados (por lo general entre 10 y 20), correspondientes estrictamente a la orden en cuestión. Y por último se encuentran uno o varios pulsos de identificación final, los cuales le indican al receptor que ha concluido la transmisión de la orden, sirviendo en ocasiones también como identificación final.

Conviene aclarar que no todas las marcas y fabricantes utilizan este formato completo; en algunos casos sólo se aprovecha el identificador inicial y los pulsos de la instrucción, mientras que en otros sólo se envían los pulsos de la orden y el identificador final.

El identificador inicial cuenta con uno o varios pulsos de una forma y duración definidas, lo cual permite identificar plenamente al fabricante del control remoto e incluso al tipo de aparato al que pertenece. Precisamente, dicha información permite que solamente el aparato asociado reaccione ante las órdenes emitidas.

Algunos fabricantes utilizan como identificador un solo pulso de una duración determinada, mientras que otros emplean una serie de 1's y 0's, codificados de tal forma que se elimine cualquier posibilidad de confusión con otros aparatos.

Sin embargo, aunque en sistemas digitales convencionales estamos acostumbrados a que un "1" se representa con un nivel de voltaje alto y un "0" con un voltaje bajo, en la transmisión de datos esto no resulta práctico, debido a que una serie extensa de bits podría mantener por mucho tiempo un nivel fijo en el canal de transmisión, lo que a su vez podría redundar en una pérdida de sincronía y por consiguiente de datos.

Por ello, en este caso se utiliza una codificación por ancho de pulso, en la cual se asigna una determinada anchura de pulso a los 1's y otra a los 0's (figura 10).

De esta manera, siempre se tiene un flujo de pulsos constante, por lo que el receptor lo único que debe hacer es medir con exactitud el ancho de los pulsos recibidos para identificar los 1's y los 0's.

Finalmente, la porción correspondiente al identificador final es, como su nombre lo indica, un ***"cierre"*** de la señal enviada. En este segmento los fabricantes pueden incluir un código final de identificación o bien, un aviso de que la orden ya fue transmitida y que el microcontrolador del receptor debe comenzar a procesar la información respectiva. Sin embargo, en algunas unidades remotas este pulso se omite.

Tratamiento de la Información en una Computadora

En los dos capítulos anteriores hemos visto cómo es una computadora, para qué sirve y cómo se ensambla un equipo básico, veremos ahora brevemente coómo se realizan ciertas operaciones.

Cabe aclarar que, si lo desea, puede obtener mayor información sobre el tema en la enciclopedia: **"Todo sobre Computadoras"**, de esta casa editorial; la cual se edita simultáneamente con esta obra.

Cómo Suma una Computadora

Una PC almacena todas las informaciones *-sean palabras, ilustraciones o números-* en forma de números binarios. En el sistema de numeración binaria existen únicamente dos dígitos: 0 y 1. Todos los números, palabras e ilustraciones se forman por diferentes combinaciones de estos dos dígitos (en el capítulo 24 veremos en detalle la lógica binaria).

Para ***"manipular"*** los números binarios se usan llaves transistorizadas. Recuerde que una llave tiene dos estados posibles: abierta (desconectada) o cerrada (conectada) y esto combina perfectamente con los dos números binarios **("0" y "1")**. Un transistor abierto, por el cual no fluye corriente alguna, representa un 0. Un transistor cerrado, que permite que un pulso de reloj de la computadora pase por él, representa un "1".

El reloj de la computadora regula la velocidad con la que la computadora funciona. Cuanto más rápido opera o emite pulsos el reloj, más rápidamente funciona la computadora. Las velocidades del reloj son medidas en megahertz, o miles de oscilaciones por segundo.

La corriente que fluye por un transistor se usa para controlar otro transistor, a efecto de conectar o desconectar la llave y alterar lo que el segundo transistor representa.

Este tipo de **"configuración"** se llama puerta porque, tal como una puerta real, el transistor se abrirá o cerrará y permitirá o interrumpirá el paso de corriente.

La operación más simple que realiza un transistor se llama de puerta lógica **"NO"** (o negación). Esta puerta recibe una entrada de reloj y una de otro transistor. La puerta **"NO"** produce una única salida, opuesta siempre a la entrada del otro transistor. La puerta **"NO"** posee un transistor único. Cuando la corriente de otro transistor, representado como **"1"**, se envía hasta una puerta **"NO"**, la llave del transistor coloca su puerta de forma que no pase un pulso de reloj, o corriente, esto produce un **"0"** en la salida de la puerta **"NO"**. La entrada de un **"0"** fija el transistor de puerta **"NO"** de forma que el pulso de reloj al pasar por ella produzca un 1 en la salida. En la figura 1 se grafica lo que acabamos de exponer.

Las puertas **"NO"** dispuestas en combinaciones diferentes crean otras puertas lógicas. Todas estas compuertas contienen una línea para recibir pulsos de reloj y dos o más líneas de entrada de otras puertas lógicas. La puerta **"O"**, por ejemplo (que graficamos a continuación) crea un **"1"** si la primera o la segunda entrada está en estado alto (estado lógico **"1"**).

Por otra parte, una puerta **"Y"** produce un **1** únicamente si la primera entrada y la segunda están en **"1"**. Se dice: la salida es **"1"** si las dos entradas son **"1"**.

Una puerta **"XOR"** (también llamada O EXCLUSIVO) produce un **"0"** si ambas entradas son **"0"** o **"1"**. Genera un **"1"** solamente si una de las entradas es uno y la otra cero.

Una computadora realiza los cálculos básicos de todas las operaciones con diferentes combinaciones de puertas lógicas.

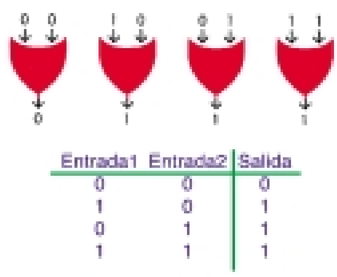
Esto se consigue con procesos llamados sumadores parciales y sumadores completos. Un sumador parcial (figura 2) surge de la combinación (conexión eléctrica) de una puerta **"XOR"** y una puerta **"Y"**, ambas reciben representaciones de números binarios de un dígito. Un sumador completo puede construirse a partir de sumadores parciales en combinación con otras puertas o llaves.

La combinación de un sumador parcial y un sumador completo permite el manejo de números binarios mayores y genera resultados por transporte de números. En la adición de los números decimales 2 y 3 (10 y 11, en sistema binario), primero el sumador parcial procesa los dígitos del lado derecho por las puertas **"XOR"** e **"Y"**.

El resultado de la operación **"XOR"** -1- repite el dígito de las unidades del resultado.

El resultado de la operación **"Y"** del sumador parcial **-0-** se envía hacia las puertas **"XOR" e "Y"** en el sumador completo. El mismo también procesa los dígitos de la izquierda de los números 10 y 11, y envía ambos a otras puertas **"XOR"** e **"Y"**. Los resultados de las operaciones **"XOR" e "Y"** de los dígitos de la izquierda se procesan juntamente con los resultados del sumador parcial. Uno de los resultados nuevos pasa por una puerta **"O"**. Por último, el resultado de todos estos cálculos es 101 en binario, que corresponde a 5 en decimal. Para números mayores, se usan más sumadores completos, uno para cada dígito en los números binarios. Un procesador 80386 o más reciente usa sumadores completos de 32 bits.

Figura 1



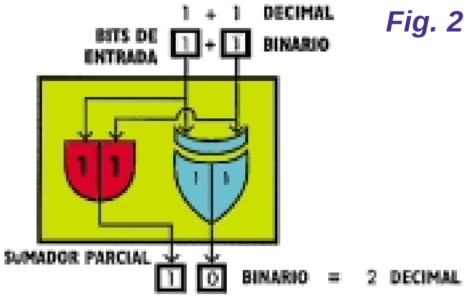
Entrada1	Entrada2	Salida
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Cómo se Almacena Informacion en los Discos

Si bien estamos en la era de los CDs, minidiscos y muchos medios de lectura y escritura óptica, las computadoras actuales siguen utilizando medios magnéticos para almacenar información, tal es el caso de los disquetes de 3 y 1/4". Por tal motivo, creemos interesante dar información de cómo se realizan los procesos de lectura y escritura, pues suelen ser elementos que ocasionan fallas por defectos en las cabezas o simplemente suciedad en las disqueteras.

Actualmente, los fabricantes de computadoras realizan avances en el sentido de crear chips

Fig. 2



de memoria no volátil que, contrariamente a sus primos más comunes, no pierden el contenido cuando se desconecta la PC porque poseen sus propias fuentes de energía. Todos estos métodos para almacenar datos en forma permanente tienen sus ventajas y también sus desventajas.

ALMACENAMIENTO DE INFORMACION

Por más informativa y veloz que sea la memoria de una computadora, la **RAM** tendrá una desventaja fatal: es volátil. Exceptuando muy pocos, los chips de memoria pierden las informaciones almacenadas cuando se desconecta la computadora. Todo el esfuerzo colocado en un proyecto anual, en un informe contable o en la escritura del ***“gran drama argentino”*** se perderá, si la electricidad requerida por los transistores de la **RAM** falta, aunque sólo sea por una fracción de segundo.

Hay diversas formas de obtener almacenamiento permanente de los programas de la computadora y de los trabajos que con ellos se generen, almacenamiento que permanecerá intacto por más que la electricidad se corte.

La forma más común de almacenamiento permanente hasta hace unos años era el uso de discos magnéticos, tanto del tipo flexible como del rígido. También se usaba el almacenamiento magnético en ***“unidades de cinta”***, método de almacenamiento permanente que lleva tanto tiempo de uso como las computadoras. Estos nuevos dispositivos que usan láser para almacenar y recuperar datos están ganando popularidad.

Actualmente, los fabricantes de computadoras realizan avances en el sentido de crear chips de memoria no volátil que, contrariamente a sus primos más comunes, no pierden el contenido cuando se desconecta la PC porque poseen sus propias fuentes de energía.

Todos estos métodos para almacenar datos en forma permanente tienen sus ventajas y también sus desventajas.

Los disquetes son universales, portátiles y baratos, pero les falta mayor capacidad y velocidad. Los discos rígidos son probablemente el mejor medio de almacenamiento. Almacenan y recuperan datos rápidamente, tienen capacidad para salvar diversos volúmenes de datos y resultan baratos en relación al costo por megabyte pero, en general, no son portátiles. Las unidades de cinta ofrecen virtualmente almacenamiento ilimitado fuera de línea (cuando no se está procesando) a bajo costo, pero son muy lentas como para usarlas en otra tarea que no sea la de copias de seguridad.

Algunas de las formas de almacenamiento sirven a usuarios de **PC** que necesitan almacenar enormes cantidades de datos. Las unidades de **CD-ROM** reúnen hasta 650MB (megabytes) de datos en un disco idéntico a los discos láser compactos que reproducen música y los discos **CD-ROM** tienen producción barata. El problema es que son dispositivos de ***“sólo lectura”***, lo que significa que podemos usar los datos ya almacenados en ellos tal como fueron creados, no se pueden borrar o alterar datos en un **CD-ROM**. Las unidades magneto-ópticas y las unidades ***“ópticas”*** leen los datos con láser, igual que los CD-ROM, pero tienen varias ventajas: esos datos pueden alterarse, son veloces, portátiles y ostentan generosa capacidad, aunque recién ahora su costo ha bajado como para que tengan un uso más popular.

Dos tipos de chips de memoria guardan informaciones hasta que se renueva la electricidad. Las **EPROMs** (del inglés, *Erasable Programmable Read-Only Memory* = memoria programable de sólo lectura), que se encuentran prácticamente en todas las computadoras personales.

Son lentas y su contenido puede alterarse solamente al exponerlo a la luz ultravioleta. Los chips flash **RAM**, que combinan la capacidad y casi la misma velocidad indicadas en la descripción de los chips de **RAM** convencionales con la capacidad de retener los datos cuando la fuente principal de energía está desconectada. Seguramente tendrán un uso popular en el futuro como medio ideal de almacenamiento permanente. Pero actualmente son muy caros como sustitutos de los discos rígidos.

Pese a las diferencias tecnológicas entre estos métodos de almacenamiento, todos tienen en común una cualidad semejante para grabar datos y un sistema parecido para archivar estas informaciones de forma tal que permite encontrarlas nuevamente.

El almacenamiento permanente es conceptualmente similar al sistema usado cuando se guardan papeles. Los archivos en papel requieren estar manuscritos o dactilografiados, todos en la misma lengua y acomodados ordenadamente en los armarios para encontrarlos de manera fácil y rápida. Así también, los archivos electrónicos exigen un almacenamiento dentro de un sistema ordenado y sensato y en un lenguaje común.

Desde ya que éste es un tema que requiere un apartado especial y, por ello, nos ocuparemos en detalle oportunamente. *********

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo, Oscar Montoya Figueroa y Leopoldo Parra Reynada.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

La TV Codificada

Métodos de Codificación y Decodificación

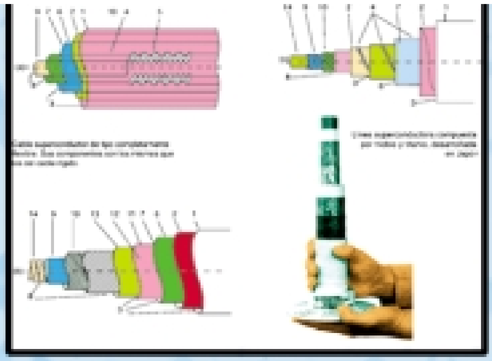
21

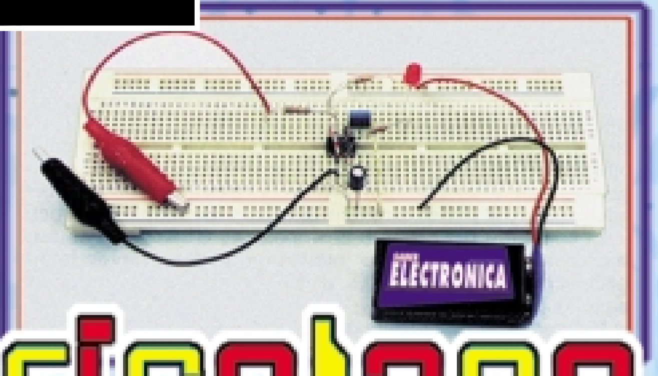
El Mundo de la Electrónica

Circuito Decodificador de Sonido

Los Circuitos de Conmutación

Los Superconductores





Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 21

LA TV CODIFICADA

Diagrama en bloques del modulador de sonido.......323
Recuperación del audio en el decodificador..........324
Circuito decodificador de sonido............................325

CIRCUITOS DE CONMUTACION

Introducción.......................327
Circuitos de aplicación....327
Comportamiento de las cargas en un semiconductor..................327
Dispositivos específicos de disparo..........................329
Rectificador controlado de silicio..............................329
Triac....................................330
Diac....................................331

LA SUPERCONDUCTIVIDAD Y SUS APLICACIONES

Qué se entiende por superconductividad 333
Características de los superconductores.............333
Aplicaciones de los superconductores.............334
Generación de energía eléctrica 335
Mejores dispositivos electrónicos.........................335
Transportación terrestre....335
Aplicaciones 336

Cupón Nº 21
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo **$5**

Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 21

La TV Codificada

***NOTA:** EL PRESENTE CAPITULO SE INCLUYE PARA FACILITAR LA INVESTIGACION SOBRE LAS TECNICAS DE CODIFICACION Y DECODIFICACION DE SEÑALES DE TV. TANTO LA EDITORIAL COMO EL AUTOR RECUERDAN A TODOS LOS LECTORES QUE LA FABRICACION Y COMERCIALIZACION DE DECODIFICADORES CLANDESTINOS ESTA SEVERAMENTE PENADA POR LA LEY. LO QUE SI ES PERFECTAMENTE LEGAL ES LA TAREA DE INVESTIGACION CONDUCENTE AL DISEÑO DE CODIFICADORES Y SUS DECODIFICADORES OFICIALES PARA REALIZAR TRANSMISIONES Y RECEPCIONES CODIFICADAS DE TV CON LA CONSIGUIENTE AUTORIZACION DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES. MAS AUN, ESTA ACTIVIDAD DEBE SER PROMOVIDA COMO UNA FUENTE DE RECURSOS PARA NUESTRA VAPULEADA INDUSTRIA ELECTRONICA.*

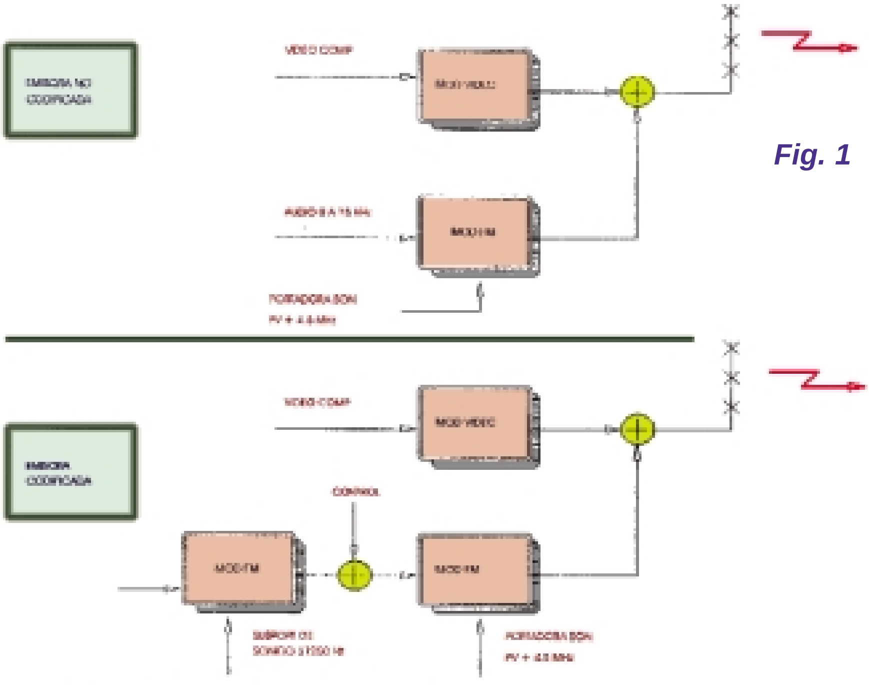


Fig. 1

Diagrama en Bloques de la Transmisión de Sonido

INTRODUCCIÓN

La Secretaría de Comunicaciones obliga a transmitir el sonido de los canales eróticos en forma codificada. Como en general la misma frecuencia (el mismo canal) es utilizada también para las emisiones deportivas, todas resultan codificadas del mismo modo para evitar que el sonido de las emisiones deportivas pueda ser recibido en un TV sin decodificador.

Si se trata de evitar que un TV normal reciba el sonido codificado, lo más adecuado es interponer un modulador de sonido con una subportadora fuera de la banda de audio. Esta subportadora puede estar modulada en amplitud o en frecuencia, pero siempre se elige la modulación de frecuencia para poder transmitir señales de control de codificación de video en la banda base de audio, es decir entre 0 y 15kHz.

DIAGRAMA EN BLOQUES DE UN MODULADOR DE SONIDO

En una transmisión normal, el modulador de sonido de la emisora es un modulador de frecuencia con una frecuencia portadora que se encuentra 4,5MHz por encima de la portadora de video. En un transmisor codificado se mantiene este mismo esquema, pero la señal modulante ya no es la señal de audio sino una subportadora con una frecuencia superior a 20kHz. Ver figura 1.

El camino de la transmisión de audio de un hipotético canal que emite la portadora de video en 300MHz, sería el siguiente: La señal de audio se envía a un modulador de frecuencia que recibe además una subportadora de 31.250Hz (u otra frecuencia superior a 20kHz para que sea inaudible). La salida del primer modulador será entonces una portadora de 31.250Hz modulada en frecuencia por la señal de audio. Esta señal se envía a un sumador, en donde se agregan señales de control de la codificación de video comprendidas en la banda de frecuencias de 0 a 15kHz. El espectro de la señal compuesta de audio y control puede observarse en la figura 2.

A su vez, el espectro de la señal de nuestro canal hipotético de 300MHz se puede observar en la figura 3.

Observe que las portadoras se transmiten con diferente amplitud; la portadora de sonido se transmite con la mitad de energía que la de video en un canal sin codificar. En un canal codificado se suele aumentar el nivel de la portadora de sonido para que interfiera con el video en un TV normal; luego se compensa esto con un filtro de superficie en la FI del decodificador.

El ancho de banda del sonido es también mayor para un canal codificado, ya que se transmiten frecuencias más altas, por lo general, llega hasta 50 kHz, siendo este detalle a considerar en el diseño de la FI de sonido del decodificador.

Recuperación de Audio en el Decodificador

Si se observa con un osciloscopio la salida de audio del detector de FI de sonido del decodificador , se observa una forma de señal como la indicada en la figura 4.

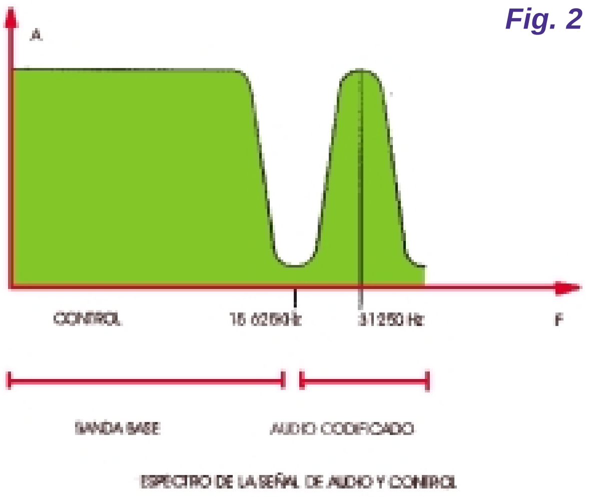


Fig. 2

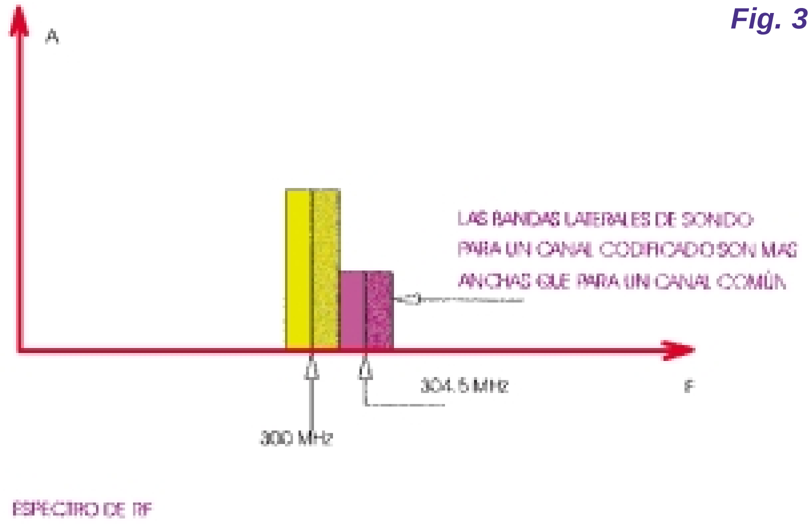


Fig. 3

El oscilograma muestra una portadora de 31.250Hz modulada en frecuencia y, sumada a ella, una señal llamada puerta vertical y algunos pulsos que se presentan aleatoriamente. La puerta vertical es una señal rectangular que, en período de inactividad, coincide con el pulso de sincronismo vertical que dibujamos debajo de la señal de audio.

Olvidemos por un momento la señal de puerta vertical y pensemos sólo en la señal de 31.250Hz modulada en frecuencia. La manera más sencilla de recuperar el audio es con un circuito integrado PLL cuya teoría de funcionamiento se encuentra en un apéndice del libro *TV Codificada II*. Sin embargo, en ese apéndice se trata a los circuitos integrados PLLs más desde el punto de vista de la recuperación de los pulsos horizontales, en tanto que aquí los usaremos como detectores de FM. De cualquier manera se trata de los mismos integrados pero conectados de otro modo. Aquí vamos a utilizar el circuito integrado de **NATIONAL LM565CN** o sus reemplazos (por ejemplo, el **SIGNETICS NE565** y otros que llamaremos 565 genéricos). En la figura 5 mostramos el diagrama en blo-

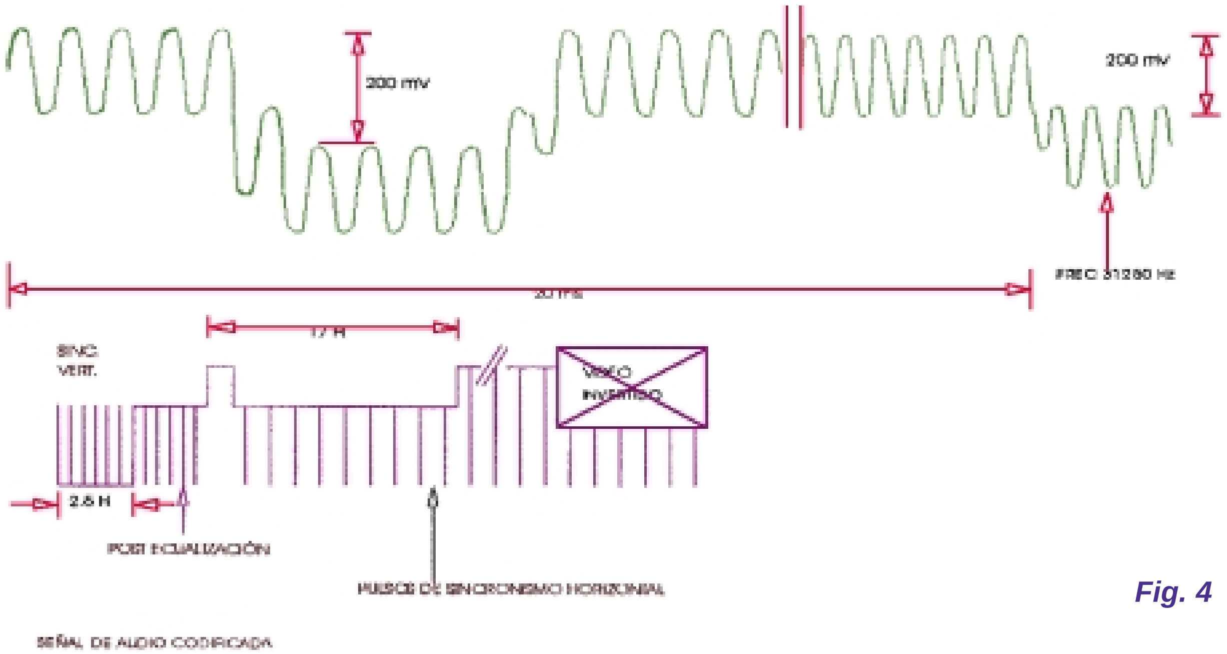


Fig. 4

Fig. 5

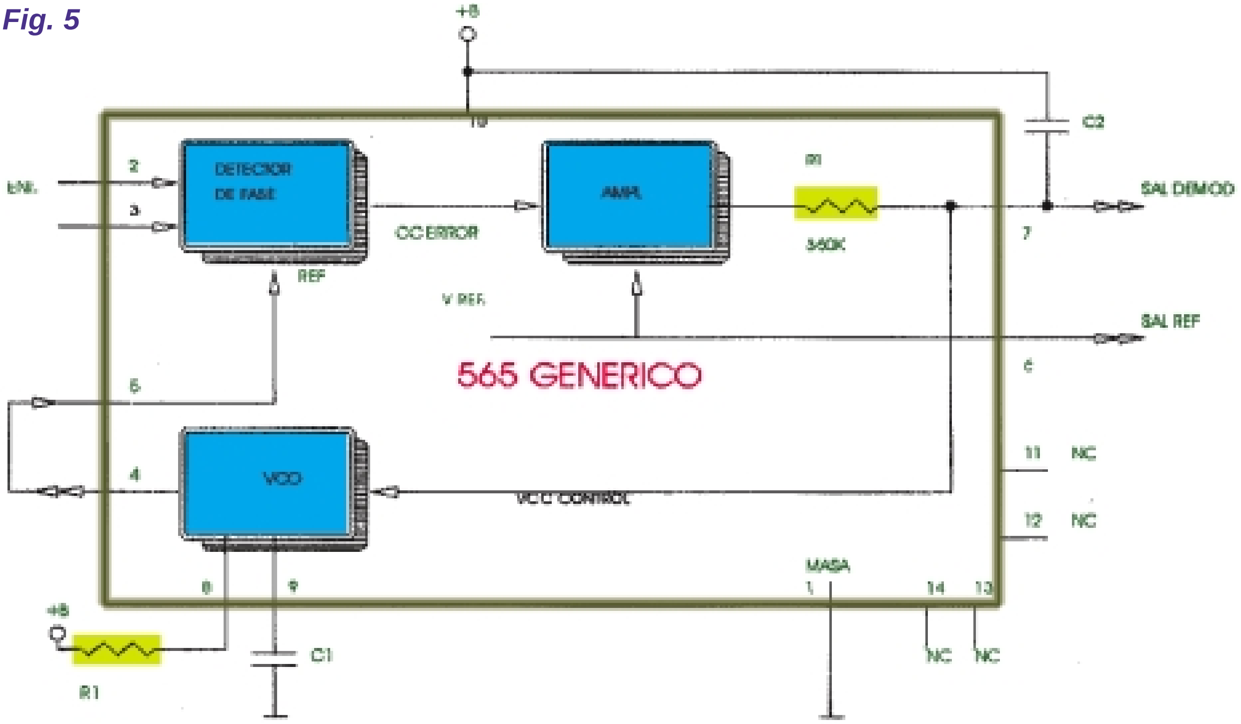

+8
10
C2
ENT.
2
3
DETECTOR
DE FASE
AMPL
RI
360K
SAL DEMOD
7
OC ERROR
REF
V REF.
SAL REF
6
565 GENERICO
5
4
VCO
VCC CONTROL
11
NC
12
NC
MASA
1
14
13
8
9
+8
R1
C1
NC
NC

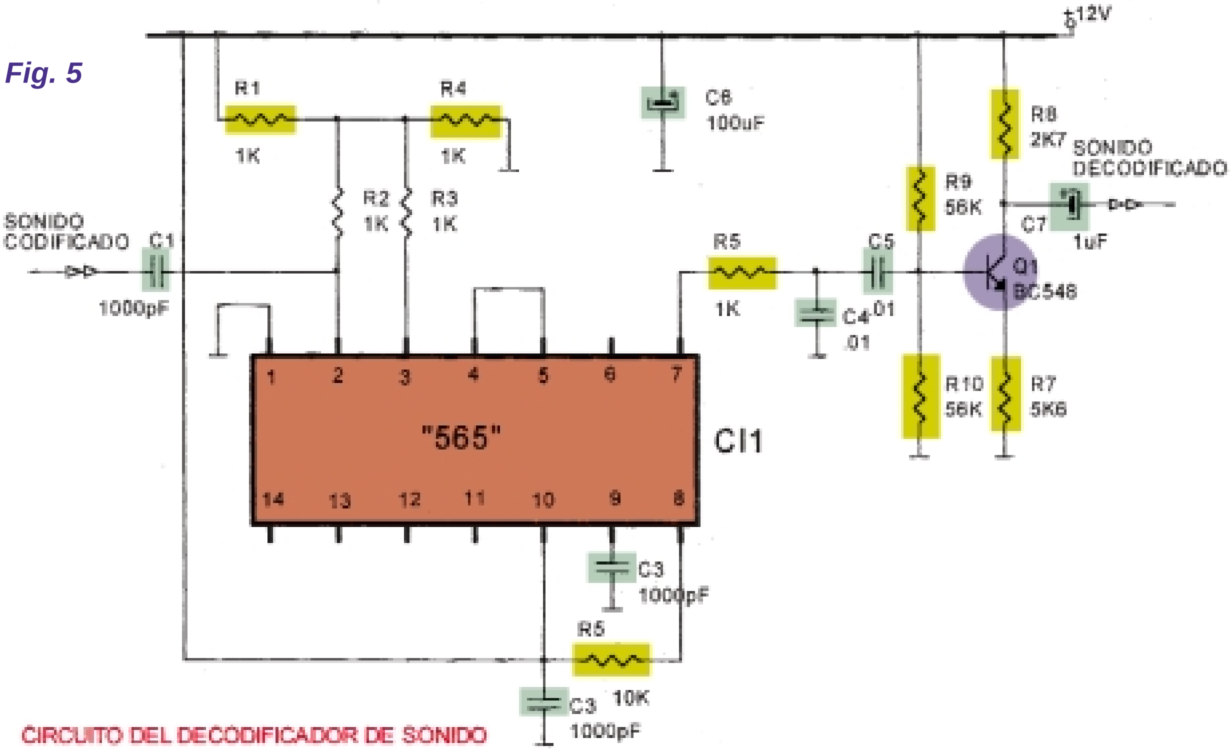
DIAGRAMA EN BLOQUES DEL 565 GENERICO

ques. Expliquemos el funcionamiento como detector de FM con fuente única. Si queremos detectar una señal de 31.250Hz modulada en frecuencia se requiere que el VCO oscile libre en esa frecuencia.

El fabricante indica que la frecuencia se puede calcular con la fórmula **Fo=1,2/(4xR2xC1)** y en donde el valor óptimo de R2 es de 4000 ohm pero puede variar entre 1K y 20K sin mayores problemas. Adoptando R2=10kΩ se obtiene un valor de C1=1,2/4xR2xFo=1,2/4x10.000x31.250=960pF. Se adopta entonces un valor de 1000 pF +-5% NP0 del tipo cerámico disco.

En estas condiciones y con sólo conectar una tensión de fuente en la pata 10 de 12V, el VCO oscila en las cercanías de 31.250Hz. Conectando la pata 4, que es la salida del VCO, a la 5 que es la entrada de referencia, el circuito queda preparado para recibir la señal de muestra por la pata 2 o la 3. Lo que llamamos ÒmuestraÓ no es otra cosa que

Fig. 5


+12V
R1
1K
R4
1K
C6
100uF
R8
2K7
SONIDO
DECODIFICADO
R2
1K
R3
1K
R9
56K
C7
1uF
SONIDO
CODIFICADO
C1
1000pF
R5
1K
C5
.01
C4
.01
Q1
BC548
1
2
3
4
5
6
7
"565"
CI1
14
13
12
11
10
9
8
R10
56K
R7
5K6
C3
1000pF
R5
10K
C3
1000pF

CIRCUITO DEL DECODIFICADOR DE SONIDO

la entrada de audio codificada. Tanto la pata 2 como la 3 son entradas, porque el circuito integrado tiene entrada diferencial. Como nosotros tenemos una señal de entrada referida a masa basta con conectar la pata 3 a masa e ingresar la señal por la pata 2. Pero esa masa que mencionamos debe ser, en realidad, una masa virtual debido a que vamos a alimentar al integrado sólo con tensión positiva de 12 V (si Ud. realiza pruebas con fuente partida de +-6 V entonces debe realizar el circuito con la pata 3 conectada a la unión de las fuentes).

Y eso es todo, por la pata 7 obtendrá audio decodificado porque el detector de fase va a generar una tensión continua de error que, debidamente amplificada y filtrada por R1 (interno) y C2 externo, queda aplicada al VCO corrigiendo su frecuencia, de modo que se enganche con la frecuencia de entrada. Si el VCO está enganchado en fase por la portadora de 31.250Hz modulada en frecuencia, es porque la tensión continua de control tiene la misma forma que la señal de modulación de audio utilizada en el transmisor.

En la figura 6 le ofrecemos el circuito completo del decodificador de audio en donde observará que se ha agregado un transistor que opera como separador para obtener baja impedancia de salida y poder cargar una entrada de audio de un TV.

Circuitos de Conmutación

Cuando se estudia el comportamiento del transistor como parte componente de un circuito electrónico, debe realizarse el análisis, ya sea para señales débiles (pequeñas) o para señales fuertes, que hagan que el semiconductor trabaje en la zona de corte o en la zona de saturación de sus curvas características.

Se dice, en este último caso, que el transistor actúa como un interruptor (cuando pasa desde la región de corte a la de saturación y vuelve luego al corte).

Los circuitos **"interruptores"** con transistores o de conmutación se usan en sistemas de radar, televisión, instrumentación electrónica, telefonía, circuitos digitales, etc.

El circuito característico de un transistor conmutador no difiere de los ya estudiados, tal como se puede ver en la figura 1, dado que lo que varía es el nivel de la señal aplicada a la entrada.

En la figura 2 se representa cómo varía la corriente de emisor, detallando los tiempos de **"encendido" y "apagado"** del transistor, debido a que la respuesta a la señal de entrada no es inmediata, sino que sufre un cierto retraso, que quedan definidos por dos tiempos, uno de conexión (tON) y otro de desconexión (tOFF). La falta de respuesta de un transistor a los tiempos reales de conmutación se debe a que, en la saturación, existen cargas en exceso, de portadores minoritarios almacenados en la base. Por esta razón, cuando se empleen transistores en conmutación, se debe reducir el tiempo de almacenamiento.

Fig. 1

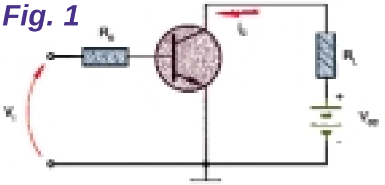


Fig. 2

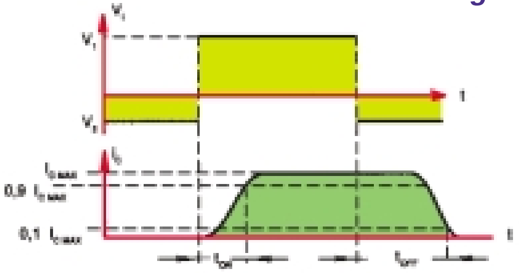
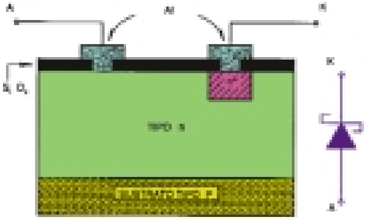


Fig. 3



Ahora bien, si se desean componentes más rápidos, se deben utilizar componentes con estructuras distintas. Para ello, es preciso dar algunos conceptos.

En la superficie de los semiconductores y de los metales existen estados de energía adicionales, que surgen de la rotura de la continuidad de la estructura cristalina.

En la figura 3 se reproduce la estructura de un componente, que permite el movimiento de cargas con mayor facilidad y disminuye, de esta manera, los tiempos de almacenamiento. Se trata de un diodo Schottky, cuyas características tensión-corriente son similares a las de un diodo de juntura **P-N** normal, tal como se puede apreciar en la figura 4.

Los diodos Schottky tienen un tiempo de almacenamiento despreciable, porque la corrien-

Fig. 4

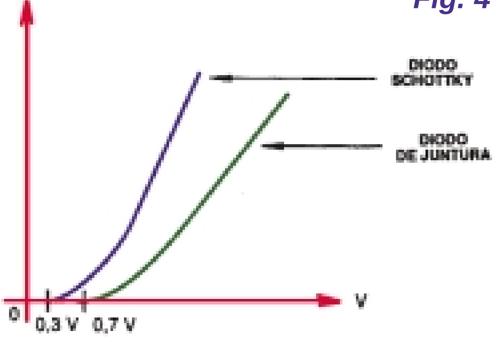
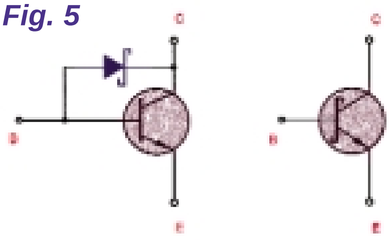


Fig. 5



te está producida principalmente por portadores mayoritarios, ya que los electrones entran desde el lado **N** hacia el aluminio y, por consiguiente, no pueden diferenciarse de los electrones del metal, con lo que no se produce almacenamiento en la proximidad de la unión.

De la misma manera que se puede reducir el tiempo de retardo de un diodo, se podría reducir el tiempo de establecimiento de un transistor.

El componente así formado recibe el nombre de transistor Schottky, y su símbolo, tanto como el modelo equivalente, se muestran en la figura 5.

Si se intenta saturar el transistor aumentando la corriente de base, la tensión del colector disminuirá, por lo cual el diodo Schottky conducirá y, como la unión del colector está polarizada en sentido directo a una tensión menor que la de umbral **(V<0,7 V)**, el transistor no entrará en saturación.

Circuito de Aplicación

Se puede reducir el retardo de una compuerta lógica **TTL** (transistor, transistor, lógico), si se elimina el tiempo de almacenamiento o establecimineto de todos los semiconductores que la integran. Como se ha visto, esto se consigue evitando que los transistores estén totalmente saturados.

La mayoría de los circuitos integrados digitales de la familia de los llamados de **"alta velocidad"**, emplean semiconductores Schottky con el objeto de aumentar la velocidad de operación, lo que es altamente beneficioso en componentes, tales como las memorias.

En la figura 6 se da el circuito eléctrico de una compuerta NAND de dos entradas fabricada con tecnología Schottky.

Los circuitos integrados que emplean esta tecnología son los más rápidos dentro de los **TTL** y utilizan diodos Schottky que resultan fáciles de fabricar y, como ya se ha estudiado, son muy rápidos. La subfamilia de circuitos integrados con esta tecnología, se denomina HTTL y con ella se tienen tiempos de propagación inferiores a los 3 nanosegundos, lo que permite operar con frecuencias de oscilación superiores a los 100MHz. El consumo suele ser bajo y la disipación de potencia rara vez supera los 20mW.

Los fabricantes de circuitos integrados se esfuerzan para conseguir componentes rápidos de muy baja disipación; con esta filosofía se tiene otra subfamilia **TTL** Schottky de baja potencia, denominada **LSTTL**, que posee resistores internos de mayor valor con el objeto de reducir la corriente de circulación interna.

Suelen emplear una configuración diferente a la entrada, reemplazando el transistor multiemisor por un sistema más veloz, con lo cual se consiguen tiempos de propagación típicos de unos 10 nanosegundos y un consumo por compuerta de tan sólo 2mW. Como puede observar, el consumo se ha reducido considerablemente, pero como contrapartida, la frecuencia máxima de reloj sólo alcanza los 35MHz, lo cual es bastante importante si se lo compara con la frecuencia máxima que se obtiene con otras familias.

Volviendo al análisis del transistor en conmutación, conectar una juntura significa que por ella circule una corriente superior a la de mantenimiento, lo cual demandará un tiempo para que la tensión y la corriente se estabilicen. A este tiempo se lo denomina régimen transitorio de conexión.

Del mismo modo, cuando el transistor conduce, para bloquear la tensión y anular la corriente, será necesario un tiempo denominado régimen transitorio de desconexión.

En una juntura ideal, los tiempos de conexión y desconexión son nulos, lo que implica una resistencia nula durante la conducción e infinita cuando se quiere practicar el bloqueo.

Dicho de otra manera, no existiría en este caso almacenamiento de cargas en el material que forma la juntura (en la zona neutra). Si se realizara el análisis que permita explicar el comportamiento de la juntura, podríamos asemejar la misma a un circuito rc paralelo, dado que haría falta que el capacitor se cargue completamente para que la juntura entre en un régimen permanente. El tiempo de establecimiento de la corriente de colector dependerá del tiempo que precise la base para almacenar una carga determinada.

De aquí que adquiere vital importancia tanto la resistencia de entrada como la capacidad base-emisor de un transistor, a la hora de establecer el comportamiento del semiconductor en alta frecuencia. El mismo procedimiento se puede seguir para estudiar a los transistores de efecto de campo, unijuntura, Schottky, etc, procedimiento del cual nos ocuparemos en lecciones futuras.

Comportamiento de las Cargas en un Semiconductor

Para **"conectar"** una juntura PN se debe hacer circular por ella una corriente, teniendo un

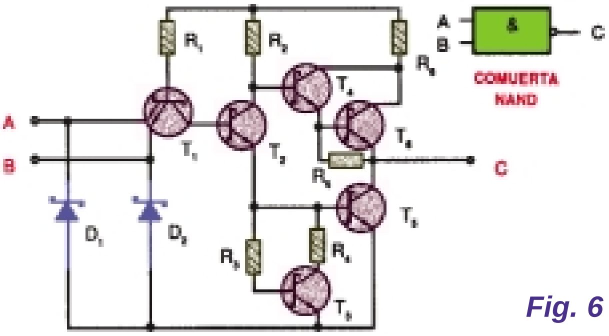
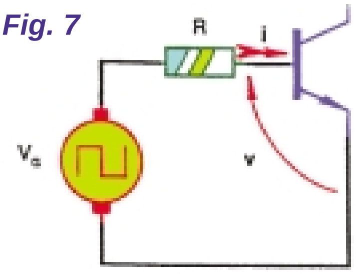


Fig. 6

Fig. 7



régimen transitorio de conexión, que representará el tiempo necesario para que la tensión y la corriente se estabilicen, permitirá llevar el sistema a un régimen permanente.

Para "desconectar" la juntura, se debe disminuir la tensión con el objeto de anular la corriente circulante por el circuito.

Entonces, el régimen transitorio de la desconexión representa el tiempo necesario para que en la juntura se anule la corriente y el sistema permanezca en régimen permanente.

En la figura 7 se reproduce un esquema circuital que utilizaremos como base para explicar este tema, consideraremos al transistor en conmutación.

El generador **VG** suministra una tensión de forma de onda cuadrada. En el tiempo “Ø” el generador entrega la tensión +V. luego, en el tiempo “Ø1” se establece una tensión -V y así sucesivamente. Se busca que la juntura base-emisor del transistor permita el paso de la corriente, a partir del tiempo t = Ø, y que la corriente sea nula durante el tiempo t = Ø1, tal como se muestra en la figura 8.

En dicha figura se ha supuesto una juntura de comportamiento ideal, en la cual se tendría una resistencia nula, en el sentido directo de conducción, e infinita, en el sentido inverso, y no existiría en ella el almacenamiento de cargas en las zonas neutras del material que forma parte de la juntura, ni en la zona de **"carga espacial"** de la misma.

Lógicamente, existen tiempos de demora para que se produzca el establecimiento de las cargas, con lo cual la situación real es diferente, tal como muestra la gráfica de respuesta de la figura 8.

Se observa que a partir del tiempo t = Ø comienza el proceso de conexión. Si suponemos que la resistencia R del circuito es muy superior a la resistencia de la juntura base-emisor y que la tensión aplicada a la juntura es muy superior a la tensión de conducción (0,7V para el silicio), puede decirse que la corriente será:

$$I = \frac{V}{R}$$

Para explicar el proceso de almacenamiento de cargas, supondremos que la juntura P-N está compuesta por una zona P, fuertemente dosificada, y una zona N de dosificación más débil.

Por lo tanto, la inyección de portadores en la juntura consistirá, casi exclusivamente, en lagunas o huecos que irán de la zona P+ hacia la zona N. Además, los electrones que se inyectan en sentido contrario serán muy pocos, debido a la baja contaminación de la zona N.

Para calcular la corriente circulante, sabemos que la misma estará dada por la cantidad de cargas inyectada en la juntura N por unidad de tiempo; matemáticamente se tiene:

$$I = \frac{Qp}{Tp}$$

Es fácil deducir que la juntura se comporta como un circuito RC paralelo, tal como se muestra en la figura 9. En base a la fórmula anterior y a la asociación recién hecha, se deduce que:

$$I = \frac{Q}{C}$$

y

$$T = RC$$

En la figura 10 se ha reemplazado el efecto de almacenamiento de cargas en la juntura por el equivalente RC, por lo cual el tiempo de establecimien-

Fig. 9

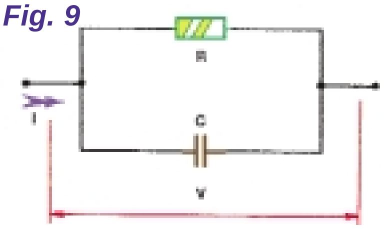


Fig. 10

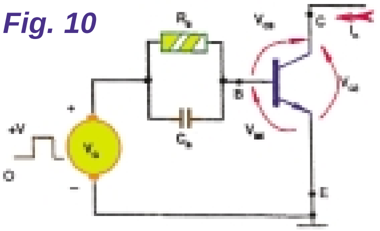
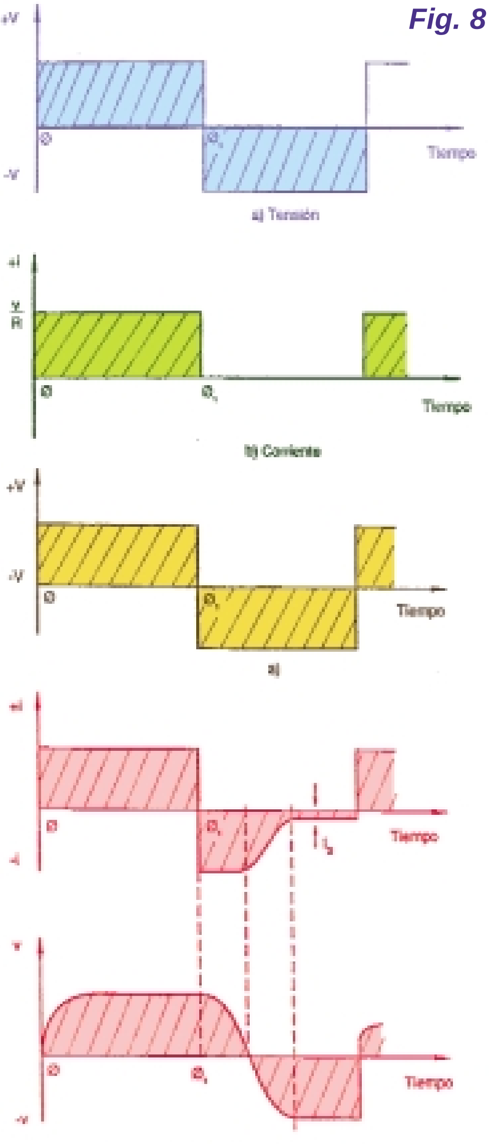
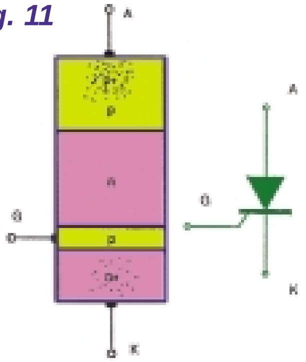


Fig. 8



b) y c) Crecimiento de la tensión y corriente en la juntura B-E

Fig. 11



to de la corriente de colector dependerá del tiempo necesario para almacenar en la base una carga QB, lo cual podemos escribir como:

$$Ic = \frac{Qb}{Tb}$$

Como VG >> VBE, puede considerarse que el capacitor Cb soporta la totalidad de la tensión "escalón +V" en forma casi instantánea.

La carga almacenada en el capacitor está dada por:

$$Qb = Cb \cdot V$$

La base del transistor, que está en serie con el capacitor **Cb,** almacena una carga igual, como se esperaría de dos capacitores conectados en serie.

Para este análisis, consideramos la entrada del transistor (entre base y emisor), de naturaleza puramente capacitiva, por lo que:

$$Tb = Cb \cdot Rb$$

Quiere decir que el tiempo Tb es el mínimo necesario para que se establezca un régimen permanente, como condición fundamental que debe cumplir la constante de tiempo del circuito CR de entrada, para compensar la constante de tiempo intrínseca del transistor y, por consiguiente, anular el tiempo de establecimiento.

El análisis efectuado se realiza con fines demostrativos, dado que el fabricante de semiconductores suele dar los tiempos de establecimiento que el proyectista o técnico debe conocer, para poder seleccionar el componente adecuado, a la hora de trabajar con un circuito electrónico.

Con este tema damos por finalizado el estudio simplificado del transistor en conmutación. Como síntesis, podemos decir que un transistor en conmutación se comporta como una llave electrónica, que permite el manejo de una corriente elevada entre emisor y colector, cuando se aplica una tensión suficiente a la juntura base-emisor. Estudiaremos ahora, los dispositivos específicos de disparo, comúnmente conocidos como *"relés electrónicos".*

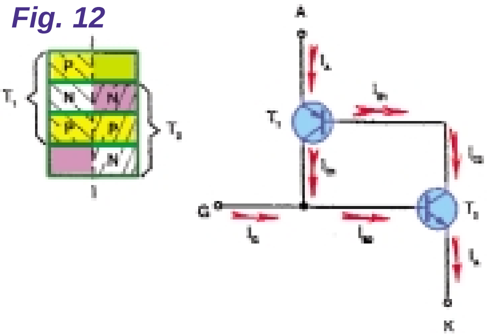
DISPOSITIVOS ESPECÍFICOS DE DISPARO

Los semiconductores controlados de disparo, tales como el rectificador controlado de silicio, el diac y el triac, se utilizan en sistemas de encendido de automóviles, controles de iluminación, de motores, electrónica de potencia en general, calefacción, etc. Estudiaremos cada uno de estos componentes en forma sencilla, pero lo suficientemente profunda como para contar con herramientas válidas de trabajo.

RECTIFICADOR CONTROLADO DE SILICIO (SCR)

Es un dispositivo semiconductor, formado por cuatro capas de estructura **(PNPN),** que se utiliza como interruptor electrónico. Esto quiere decir que su comportamiento tiene dos estados: uno de bloqueo (como una llave abierta) y otro de conducción (como una llave cerrada). En la figura 11 se representa en forma esquemática un componente de estas características con el símbolo correspondiente.

Fig. 12



G es la compuerta, A el ánodo y K el cátodo. Si se analiza detalladamente la estructura de este componente, mostrada en la figura 11, se puede deducir que el rectificador controlado de silicio se comporta como dos transistores conectados en cascada, tal como se muestra en la figura 12. El cátodo (K), que generalmente es de material N muy contaminado actúa como emisor. La zona de compuerta (G), que es de material P poco contaminado, actúa como base del mismo transistor, cuyo colector se completa con una zona de bloqueo de material **N**.

Por otro lado, la zona de ánodo (A), que es de material tipo **P**, muy contaminada cerca de la conexión y poco contaminada en la proximidad de la juntura, completa el dispositivo.

Se observa que el SCR está compuesto por dos transistores uno **PNP** y otro **NPN**, conectados en cascada.

Supongamos que se alimenta el ánodo (A) con una tensión positiva con respecto al cátodo (K) y que la compuerta (G) no está polarizada. El transistor T2 estará

Fig. 13

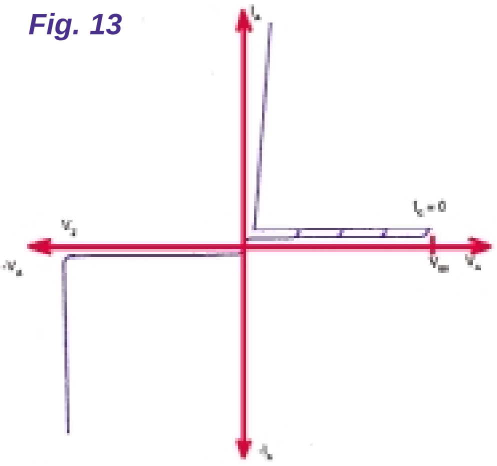


Fig. 14

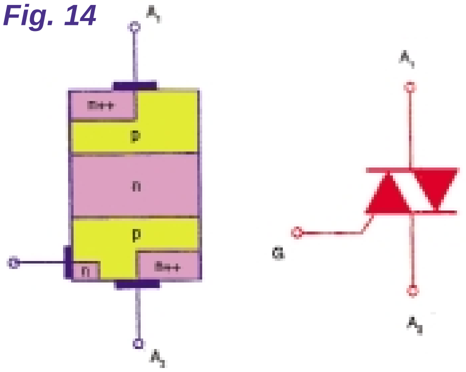
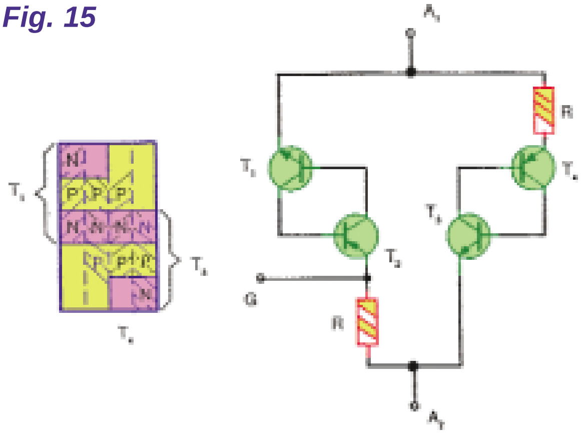


Fig. 15



al corte, por lo cual la corriente Ic2 será nula, lo mismo que la corriente de base Ib1, en el transistor T1, por ser la misma que Ic2. El transistor T1 se encuentra, por lo tanto, al corte y no circulará corriente entre el ánodo y el cátodo del dispositivo (IA = 0).

Si ahora polarizamos la compuerta (G), en forma directa con respecto al cátodo (K), el transistor T2 sale del corte. La corriente de colector Ic2, deja de ser nula, al igual que la corriente de base Ib1, ya que Ic2 es igual a Ib1; en consecuencia, el transistor T1 deja el estado de corte y provoca la circulación de corriente de colector Ic1, que se cierra por la base del transistor T2, como Ib2.

El transistor T2 es, de esta manera, excitado por el transistor T1, independientemente de la polarización externa, aplicada en la compuerta (G), que sólo fue necesaria para el ***"arranque"*** o encendido del RCS.

Se observa, entonces, que el transistor T2 excita al transistor T1 y éste, a su vez, al T2. Esta relación de realimentación lleva a ambos transistores a la condición de saturación. En este estado, la caída de tensión entre el ánodo y cátodo del SCR es muy baja, por lo que la corriente debe ser limitada por el circuito externo.

En base al mecanismo recién explicado, en la figura 13 se muestra la curva característica de este dispositivo.

Con una tensión aplicada en sentido inverso (con el ánodo negativo respecto al cátodo), el dispositivo bloquea la corriente que por él circula y queda un componente muy pequeño de saturación inversa normal a toda juntura semiconductora. La tensión máxima de bloqueo, en el sentido directo VBO, se obtiene con la compuerta en circuito abierto; vale decir, IG = 0.

Si se aplica una corriente de excitación en la compuerta, la tensión de bloqueo disminuye, hasta llegar un momento en que se produce el disparo del SCR, en que la corriente aumenta hasta un valor máximo limitado por los componentes externos y ya no se establece un control desde la compuerta, es decir que no es posible controlar la corriente de ánodo con variar la corriente de compuerta. Para poder obtener un nuevo control desde la compuerta, se debe eliminar o invertir la tensión de ánodo. Es lógico suponer que, en circuitos de corriente alterna, el disparo se produce cada medio ciclo, dado que en los restantes se aplica una tensión inversa al ánodo. Para producir el desbloqueo, se debe aplicar a la compuerta, en el instante preciso, un impulso de muy corta duración que ***"gatilla"*** el dispositivo.

TRIAC

El SCR permite la conducción de un solo semiciclo de la corriente alterna; cuando es necesario controlar ambos semiciclos de la señal, se emplea el triac, que es un dispositivo que puede conducir en ambas direcciones. La figura 14 representa la estructura de capas constructiva simplificada de un triac y su símbolo esquemático.

Este dispositivo posee tres terminales, denominados: terminal principal Nº 1, terminal principal Nº 2 y compuerta.

Un circuito equivalente que surge del análisis de la estructura del triac, se puede ver en la figura 15, donde se observa que son dos pares de transistores conectados en cascada e interconectados entre sí. En consecuencia puede considerarse el triac como dos SCR conectados en paralelo y en sentidos opuestos, según lo mostrado en la figura 16.

Con polarización directa o polarización inversa, el triac presenta un primer estado de bloqueo (que llamaremos estado **"NO"**) y un segundo estado de conducción (llamado estado **"SI"**). El punto en el cual el dispositivo realiza la transición entre los dos estados corresponde a la tensión de ruptura; dicha tensión de ruptura, de la misma forma que ocurría con un SCR, puede variarse mediante la aplicación de un impulso de corriente, positivo o negativo, al terminal de compuerta.

A medida que aumenta la amplitud del impulso de compuerta, disminuirá la tensión de ruptura. Los valores necesarios para producir el disparo (sensibilidad del componente) son diferentes para cada caso y el fabricante suele especificarlos en los manuales de datos.

Fig. 16

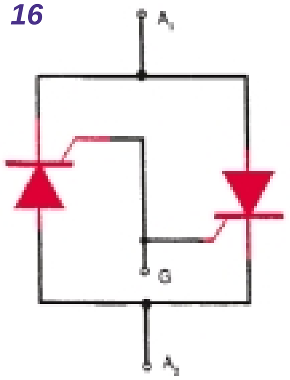


Figura 17

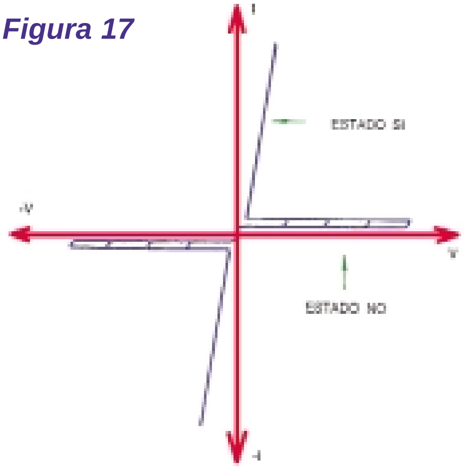


Figura 18

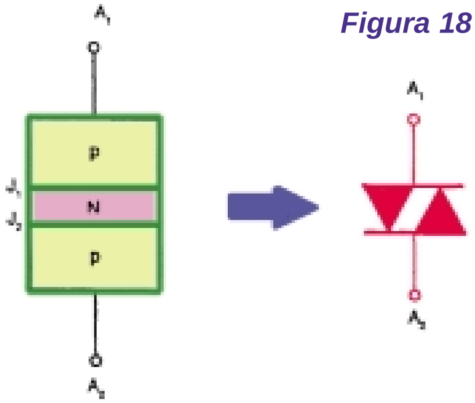
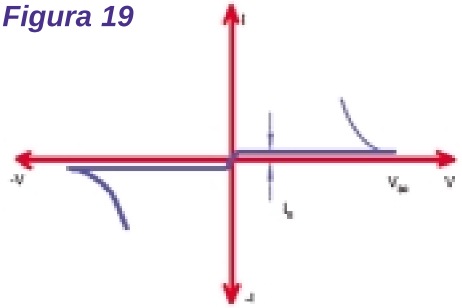


Figura 19



En la figura 17 se reproduce la curva característica del triac, donde se observa la conducción en ambos sentidos: es decir, permite conducir los dos semiciclos de una señal alterna, cuando está excitada la compuerta.

DIAC

Es un dispositivo semiconductor de dos junturas, de construcción similar a la del transistor bipolar que, muchas veces, es llamado ***"diodo para corriente alterna"***, pero que funciona, básicamente, como un diodo de ruptura por avalancha bidireccional y que puede pasar del estado de bloqueo al estado de conducción, con cualquier polaridad de la tensión que se aplique entre sus terminales.

En la figura 18 se representa la estructura de capas de este componente y su símbolo correspondiente.

La curva característica se reproduce en la figura 19 y corresponde a la de un transistor simétrico (el colector es igual al emisor), con la base abierta.

El emisor se denomina ánodo 1 y el colector, ánodo 2.

Cuando se aplica tensión positiva o negativa de bajo valor sobre los electrodos del diac, se establece un flujo pequeño de corriente de fuga (Is), hasta que la tensión llega al punto de ruptura **VBO**. A partir de ese momento, la juntura polarizada en sentido inverso sufre una ruptura por avalancha y, por encima de ese punto, la característica tensión-corriente equivale a una ***"resistencia negativa"***, lo que significa que la corriente aumenta con una disminución de la tensión.

Los diac se usan principalmente en dispositivos de disparo para control de fase del triac y otras aplicaciones similares, donde es necesario establecer una tensión determinada en los dos sentidos de disparo.

Circuitos de Aplicación

Una aplicación típica para el triac como control de potencia es la que aparece en la figura 20.

En este circuito, un resistor de valor apropiado limita la corriente por la compuerta, de modo que, con una corriente pequeña, se puede obtener un control de grandes potencias en un circuito de carga. Las corrientes típicas para los triacs comerciales, que deben ser aplicadas a la compuerta, varían entre 20 y 50mA y las corrientes principales de control varían entre 5 y 50 ampere.

Del mismo modo que en el caso de los SCRs, podemos usar los triacs como eficientes controles de potencia, cortando los semiciclos de alimentación en momentos oportunos, de modo que apenas una parte sea conducida hacia la carga.

Es evidente que, en el caso de los triacs, conduciendo estos componentes, la corriente en los dos sentidos, obtenemos una banda mucho mayor de variación de potencia, que puede estar entre cero y 95%, para los casos comunes.

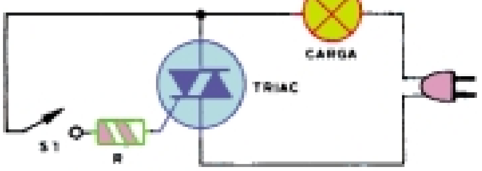
La configuración usada para un circuito de control de potencia, en este caso, es semejante a la de los SCR, con la diferencia del diodo usado en la compuerta.

Tenemos, entonces, un componente adicional que sería un diac, obteniendo la configuración de la figura 21.

Como los triacs pueden conducir corriente en los dos sentidos, son especialmente indicados para ser usados en circuitos de corriente alterna. Es lógico que habiendo un único sentido de corriente, en los circuitos de corriente continua, la utilización de un triac en lugar de un SCR sería un desperdicio, pues habría una parte de no conducción para este componente. El circuito más simple con triac se muestra en la figura 20, en la que este componente se usa para permitir el control de una corriente intensa con un interruptor de pequeña capacidad.

La corriente de disparo del triac está determinada por el resistor R que debe, entonces, dimensionarse de acuerdo con su

Figura 20



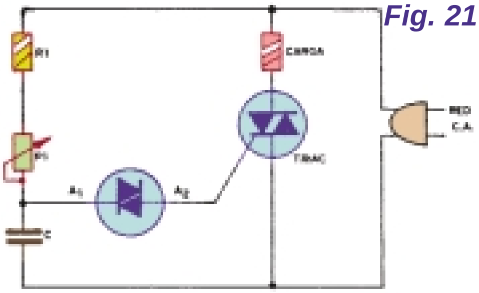


Fig. 21

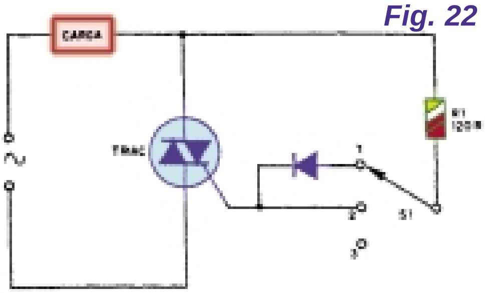


Fig. 22

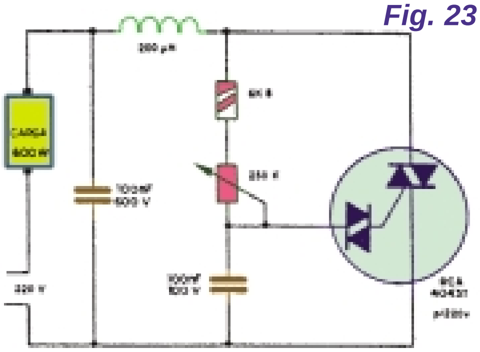


Fig. 23

sensibilidad y con la capacidad del interruptor.

Como para un triac de capacidad de corriente del orden de 10 a 20A tenemos una corriente de disparo en la banda de los 20 a los 50mA, hasta pueden usarse con eficiencia **"reed-switches"** , o también pequeños relés.

Otra aplicación aparece en la figura 22, en que tenemos un control de dos intensidades para una carga que puede ser una lámpara o un motor.

En el caso de un motor, tendremos 2 velocidades, según la posición de la llave, y en el caso de la lámpara, dos brillos.

En la posición en que queda el diodo, fuera del circuito, la corriente dispara el triac en los dos semiciclos y toda la potencia es aplicada a la carga.

En la posición en que el diodo es colocado en el circuito, éste permite el disparo del triac solamente en la mitad de los semiciclos. La carga recibe entonces la mitad de la potencia.

Vea que, en este circuito, el diodo usado puede ser de capacidad de corriente bastante pequeña.

Una tercera posición de la llave permite que el circuito sea inactivado.

La tercera aplicación es del conocido control de potencia, en que podemos hacer uso, como carga, de un motor (perforadora eléctrica, ventilador, etc.) o bien de una lámpara en cuyo caso tendremos el llamado **"dimmer"** (atenuador).

El circuito aparece en la figura 23 con los valores para la red de 220V, observándose el uso de diac, que puede estar, o no, incorporado al triac (entre paréntesis se dan los valores para 220V).

Como en todas las aplicaciones el triac desarrolla una cierta cantidad de calor, que depende de la intensidad de la corriente circulante, es preciso montarlo en un disipador de calor. Las cubiertas de los triacs ya están dotadas de recursos que facilitan su montaje en estos disipadores. La cantidad de calor desarrollada por un triac, como en los **SCRs**, puede calcularse fácilmente multiplicando la intensidad media de la corriente conducida por 2,0V, que es la caída de tensión en este componente. Por ejemplo, un triac que conduzca una corriente de 5A desarrolla una potencia de 10W.

La Superconductividad y sus Aplicaciones

La superconductividad, es una propiedad que presentan ciertos materiales sólidos de perder súbitamente toda resistencia al paso de la corriente eléctrica al sobrepasar un nivel umbral térmico denominado “temperatura crítica”. Si bien este fenómeno se conoce desde principios del presente siglo, es hasta años recientes cuando se están encontrando nuevas y fascinantes aplicaciones. El presente capítulo tiene como objeto precisamente mostrarle el grado de desarrollo que tiene la tecnología superconductora, y qué se puede esperar de ella en un futuro cercano.

UN POCO DE HISTORIA

Desde que comenzaron a estudiarse los fenómenos eléctricos y fue descubierta por George Ohm la ley que tomaría su nombre, algunos experimentos demostraron que la resistencia eléctrica de los materiales sufre variaciones si se exponen a cambios de temperatura. De hecho, al medirse estas variaciones, llegó a calcularse un parámetro conocido como ***“coeficiente de temperatura”,*** el cual indica qué tanto se modifica el valor de la resistencia de un material al aplicarle una variación de temperatura. También se descubrió que casi todos los materiales conductores (especialmente los metales) presentan un coeficiente de temperatura positivo, esto es: cuando aumenta su temperatura aumenta su resistencia y, al contrario, cuando la temperatura desciende, la resistencia eléctrica del material tiende a disminuir (este comportamiento es el común en la mayoría de los materiales, aunque los semiconductores llegan tener un coeficiente de temperatura negativo, situación que se aprovecha para la fabricación de los termistores).

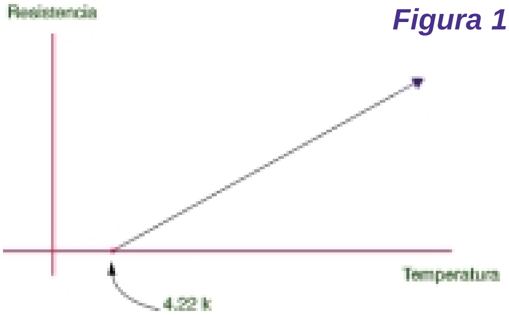


Figura 1

Simultáneamente al estudio de las propiedades conductoras de los materiales, en el siglo pasado, la comunidad científica se encontraba verdaderamente fascinada con la investigación de los fenómenos ***"criogénicos".*** La criogenia es la rama de la física que se ocupa de la aplicación de los fenómenos que se producen en la materia al ser sometida a bajas temperaturas.

Los experimentos realizados entonces, se orientaban principalmente a la licuefacción de los gases que componen la atmósfera terrestre (oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono, hidrógeno, helio, etc.). Se pensó que si se enfriaban lo suficientemente, pasarían de su estado gaseoso al líquido, lo que permitiría investigar nuevas propiedades de dichas sustancias.

Durante toda la segunda mitad del siglo pasado, se logró licuar casi todos los gases, gracias a que se perfeccionaron los métodos para conseguir temperaturas muy bajas, cercanas al 0°K (cero grados **Kelvin** es igual a -273,16 grados centígrados) nivel conocido como ***"cero absoluto"***. El único gas que no pudo ser licuado, sino hasta el siglo XX, en 1908, fue el helio, que tuvo que ser llevado a una temperatura de 4,22°K (sólo como curiosidad científica, en la actualidad se ha conseguido llevar a todos los gases incluso a su estado sólido, exceptuado al helio, el cual no parece solidificarse ni siquiera a temperaturas de apenas una fracción de grado por encima del cero absoluto).

Ya que se disponía de la tecnología para obtener temperaturas tan bajas, a muchos científicos se les ocurrió investigar qué sucedía con las propiedades de diversos materiales en esas condiciones. Fue el físico holandés, de la Universidad de Leyden, Heike Kamerlingh Onnes (el mismo que logró licuar el helio por primera vez), quién descubrió en 1911 el fenómeno que posteriormente se llamaría ***"superconductividad"***. Por este importante hallazgo, Onnes recibió en 1913 el premio Nobel de Física.

Qué se Entiende por Superconductividad

Como se mencionó, los científicos sabían ya que la resistencia eléctrica de la materia disminuye conforme baja la temperatura. Onnes quiso averiguar hasta qué punto se podía reducir dicha resistencia, y si fuese posible lograr que desapareciera por completo. Por uno de esos extraordinarios golpes de suerte o de intuición, eligió al mercurio como material a investigar (además de que era uno de los metales que más fácilmente se obtenía en estado puro). Al enfriarlo por debajo de los 4,22°K (en esos niveles ya en estado sólido), Onnes notó que la resistencia era tan pequeña que ya no se podía medir, y dedujo un comportamiento perfectamente lineal de la resistividad eléctrica del mercurio ante cambios en la temperatura.

Observe en la gráfica de la figura 1 cómo se va reduciendo la resistencia a medida que baja la temperatura, hasta que llega a 0, justo en un nivel de 4,22°K.

Sin embargo, investigaciones posteriores permitieron determinar que en realidad la variación sí era lineal pero hasta poco arriba de los 4,22°K, y que llegado a este punto de temperatura existía un ***"salto"*** descendente súbito, como se muestra en la figura 2. A este estado en que desaparece la oposición al paso de la corriente eléctrica, es decir, en que no hay disipación de energía, se le llamó ***"superconductividad"***. Pero además, en estas condiciones, los materiales exhiben otras importantes características, según veremos enseguida.

Características de los Superconductores

Veamos ahora dos propiedades que hacen tan especiales a los superconductores.

1) La principal, y más obvia, es su nula resistencia, y por consiguiente la posibilidad de ofrecer una virtualmente infinita velocidad de propagación de la energía eléctrica sin pérdida alguna por calor disipado. Esto se comprende mejor si recordamos que la potencia que disipa un conductor, es una función de la corriente que circula por él y de la resistencia del mismo. Analicemos sobre la siguiente fórmula algebraica que nos permite expresar el razonamiento anterior:

$$P = R \times I^2$$

Donde:

P = potencia disipada (watt)
R = resistencia eléctrica
I = corriente circulando

Es obvio entonces que si la resistencia es igual a cero, la potencia disipada también será igual a cero.

2) Impenetrabilidad del flujo magnético en el material superconductor. Esto es muy importante, dado que el efecto se

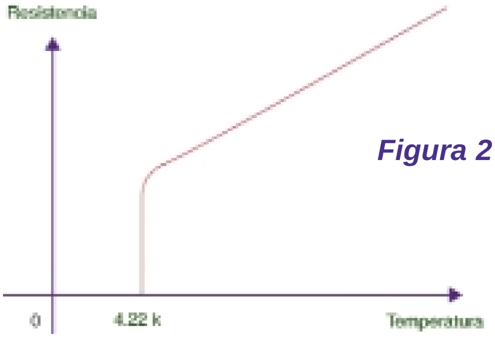
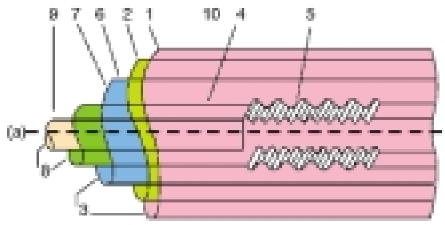
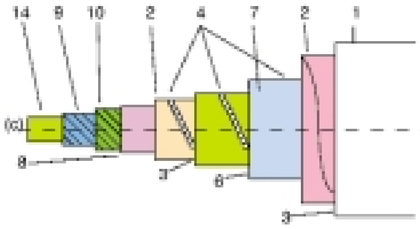


Figura 2

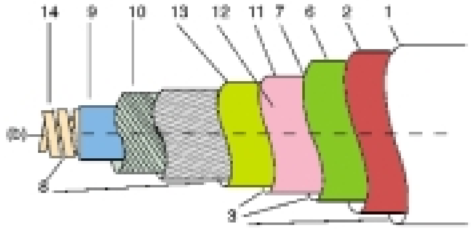
Tipo rígido de cable superconductor. Sus componentes son: tubo de protección (1), superaislamiento (2), vacío (3), espaciadores (4), fuelles (5), nitrógeno (6), escudo frío (7), helio (8), superconductor (9), aislamiento eléctrico (10), escudo frío (11), retorno de helio (12), tubo de helio (13) y soporte (14).



Cable superconductor de tipo semiflexible. Sus componentes son los mismos que los del cable rígido.



Cable superconductor de tipo completamente flexible. Sus componentes son los mismos que los del cable rígido.



Línea superconductora compuesta por niobio y titanio, desarrollada en Japón

Fig. 3

puede aprovechar para la fabricación de sistemas realmente asombrosos.

Aunque existen otras propiedades interesantes en los superconductores, las dos anteriores son las que más se pueden aprovechar en diversas áreas de la técnica. Ahora bien, *¿por qué se ha desatado en todo el mundo tal interés por los superconductores, si se descubrieron hace más de 80 años?* La respuesta es simple: hasta hace no muchos años, los únicos superconductores que se conocían eran metálicos y pasaban a dicho estado solamente si se sometían a temperaturas extremadamente bajas, lo que los convertía en una rareza de laboratorio sin ninguna aplicación práctica inmediata. Sin embargo, con los años se han descubierto aleaciones cerámicas que se comportan como superconductores a temperaturas relativamente altas, alcanzando en algunos casos cerca de los 100 grados Kelvin, es decir, bastante arriba de la temperatura de ebullición del nitrógeno líquido, que es un refrigerante barato y fácil de obtener. Este alcance ha estimulado a los investigadores en la búsqueda de ***superconductores*** aún más ***"calientes"***, que haga factible su aplicación masiva sin un gasto excesivo en sistemas de refrigeración.

Concretamente, el descubrimiento de materiales superconductores de tipo cerámico fue realizado por J. Georg Bednorz y K. Alexander Müller, en un laboratorio de la IBM de Zurich, Suiza, lo que les valió el premio Nobel de Física de 1987. Otro investigador que también ha aportado importantes avances en este campo es el doctor Paul Chu, de la Universidad de Houston (quien de hecho descubrió el primer superconductor de ***"alta temperatura"***, alrededor de –179ºC).

APLICACIONES DE LOS SUPERCONDUCTORES

Transmisión y distribución de energía eléctrica

Sabemos que la resistencia de un cable puede considerarse de cero a distancias cortas; pero si consideramos un cable que mide decenas e incluso cientos de kilómetros, su resistencia ya no puede despreciarse. Si a esto añadimos que dicho cable debe transportar miles de kilowatts de potencia, el problema es realmente complejo. La solución que se ha dado hasta hoy, es la utilización de líneas de muy alto voltaje (220 ó 440kV), lo cual disminuye de manera significativa la corriente que circula por los cables y, por consiguiente, la pérdida de energía por calor disipado.

Actualmente se han desarrollado cables superconductores para la transportación y distribución de energía eléctrica, mas no se han generalizado. Este tipo de cables requieren de una cubierta refrigerante a su alrededor para mantenerlos a una temperatura inferior al nivel crítico. Sin embargo, tal cubierta no sería necesaria si se dispusiera de un elemento conductor que trabajara a la temperatura ambiente, de ahí el interés de los físicos en la búsqueda de superconductores cerámicos. En la figura 3 se muestra la estructura de este tipo de cables.

Esta aplicación ha despertado el interés de la comunidad científica internacional, ya que podría reducir considerablemente los costos de generación y distribución de energía eléctrica, al grado de que con un cable de muy pequeño calibre podrían circular varios cientos o miles de amperes sin pérdida apreciable de energía en forma de calor. En la actualidad ya se están haciendo experimentos en dicho campo, y se calcula que en la primera década del siguiente siglo se instalarán las primeras líneas de transmisión de este tipo en los Estados Unidos (en Europa y Japón se tiene un interés similar, así que estamos frente a una verdadera ***"carrera tecnológica"*** entre todas estas naciones para ver quién desarrolla primero y más eficientemente esta aplicación).

Generación de energía eléctrica

Los generadores eléctricos no trabajan a los elevados voltajes de la línea de transmisión; por lo tanto, para que la potencia generada sea grande, es necesario que por los bobinados circulen corrientes muy elevadas. Para poder manejar estas corrientes, los generadores se construyen con cables muy gruesos, capaces de soportar esas condiciones de trabajo, lo que redunda en un volumen y peso excesivos (el rotor de un generador eléctrico puede pesar varias toneladas, lo que implica que se necesita un enorme volumen de agua circulando, y por consiguiente una presa enorme, para poder moverlo e iniciar la generación de electricidad).

Si estas unidades se construyeran con tecnología superconductora, tanto el tamaño como el peso se reducirían considerablemente, disminuyendo los costos de construcción, montaje y mantenimiento, permitiendo incluso obtener de presas relativamente pequeñas una cantidad apreciable de energía eléctrica.

En este campo (y en el anterior), destacan los compuestos con base en Bismuto, que ya se están investigando y comenzando a aplicar en forma experimental. Estos compuestos han venido a sustituir las tradicionales aleaciones de Niobio y Titanio, que fueron ampliamente utilizadas a partir de los años 60.

Mejores dispositivos electrónicos

Dos de las limitaciones que enfrentan los investigadores en la miniaturización de los dispositivos electrónicos, son:

1) la disipación de energía en espacios cada vez más reducidos y

2) el delicado problema de la cooperación entre componentes muy numerosos y cercanos entre sí.

En la miniaturización, se debe tomar en cuenta que las líneas por donde circulará la corriente eléctrica también se reducirán, con su consiguiente aumento de resistencia y de calor disipado. Ya sumado, el calor de todas las líneas que conducen corriente puede llegar a afectar seriamente el desempeño del integrado, e inclusive destruirlo. Si bien se han difundido tecnologías nuevas que consumen mínima corriente, como los circuitos ***CMOS*** de alta escala y muy alta escala de integración, la colocación de digamos un millón de dispositivos en un chip de un micro-procesador, produce tal disipación de calor que debe ser tomada en cuenta en el diseño (de hecho, desde hace aproximadamente 10 años que los microprocesadores de las computadoras deben utilizar sistemas para eliminar el calor remanente de su operación, como disipadores y ventiladores adosados directamente en el dispositivo).

En este campo, están siendo probados diversos materiales, sobre todo basados en aleaciones de Ytrio y Talio, los cuales pueden convertirse fácilmente en placas delgadas ideales para usarse como base para la fabricación de circuitos integrados. Con la aparición de superconductores cerámicos, es posible alcanzar un alto grado de miniaturización, que tendría casi como único límite la pureza de los materiales empleados. Los especialistas consideran que con esta tecnología pronto se podrán fabricar computadoras más poderosas, más rápidas, y más baratas.

Transportación terrestre

Este campo es uno de los más interesantes y de los que reciben más atención por los investigadores y los gobiernos. Aquí se aprovecha la propiedad de impenetrabilidad de los campos magnéticos en los superconductores.

Si dejamos caer sobre un material superconductor un imán, quedará flotando o levitando.

Este fenómeno se debe a que, como el superconductor tiene en su interior un campo magnético igual a cero, al acercar el imán (y por consiguiente su campo magnético asociado) el material crea un contracampo, de modo que la suma en su interior siga siendo cero. Esto es como si en el superconductor se creara un imán idéntico al que se está acercando, como la imagen de un espejo. A este fenómeno se le conoce como ***"efecto Meissner".***

Como se puede apreciar en la figura 4, al ser ambos imanes de la misma polaridad, tienden a repelerse, lo que hace que el imán quede ***"suspendido"*** sobre el superconductor a una cierta distancia que será determinada por el peso del propio imán y la potencia de su campo magnético.

Una aplicación del efecto Meissner se presenta en el diseño de vehículos para transportación ultra-rápida. Por los principios elementales de la física sabemos que una de las principales limitaciones que presenta un transporte superficial, es la fricción contra el pavimento o contra los carriles, la cual tiende a frenarlo.

También sabemos que conforme aumenta la velocidad de un vehículo, se va perdiendo capacidad de maniobra, esto es, se necesita crecientemente más espacio para cambiar la trayectoria. Un vehículo que aproveche las propiedades de levitación magnética, contrarrestaría ambas limitaciones.

Al respecto, se han diseñado trenes que pueden desplazarse ***"flotando"*** sobre rieles super-conductores, gracias a generadores magnéticos y a que se impulsan por medio de un motor de inducción lineal. El hecho de que se desplacen flotando evita el rozamiento entre partes; además, por la propiedad de imagen en espejo de los superconductores, cualquier desviación en la trayectoria sería autocorregida, es decir, se trata de vehículos excepcionalmente estables, lo que redunda en una gran seguridad

Aquí se presenta un esquema de cómo se produce el efecto Meissner.
Al acercar un imán (representado por A), a un superconductor (B), se produce en éste una imagen magnética de él que lo repele (C).
La intensidad de la fuerza de repulsión determina la altura a la que puede "flotar" el imán. Conforme más poderoso sea el imán, más poderosa será su imagen y más intensa será su fuerza de repulsión, produciendo una flotación a mayor altura.
Todo esto ocurre sin importar si el imán está quieto, trasladándose o girando sobre sí mismo. Siempre aparece una imagen instantánea de él que lo repele y lo hace flotar.
Por el efecto Meissner sabemos que el estado superconductor es el estado de la materia, en el que no existe resistencia al paso de la corriente eléctrica y en el que los electrones se hallan en un estado muy especial de gran orden y correlación de unos con otros, por lo que no pueden penetrar los campos magnéticos al superconductor.
La manera en que el material superconductor genera la imagen del imán es moviendo a los electrones, generando corrientes superficiales que, a su vez, generan un campo magnético que corresponde exactamente a la imagen del imán, produciéndose así la repulsión y por lo tanto la levitación.

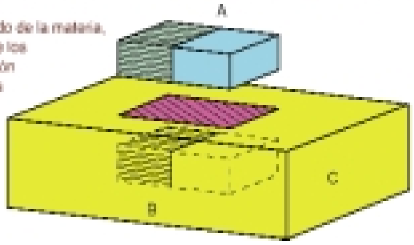


Fig. 4

para los pasajeros.Como punto adicional, un vehículo de este tipo no produce ningún tipo de contaminación ambiental, ya que se impulsa por medio de electricidad y no produce ruido, puesto que no hay contacto entre el vehículo y la superficie.

Aplicaciones médicas

Este es un campo en el cual los dispositivos superconductores ya se están utilizando intensivamente; por ejemplo, en la obtención de imágenes por resonancia magnética (una técnica que permite explorar el interior del cuerpo humano con gran precisión, pero que requiere de la generación de un campo magnético muy intenso, el cual se produce por medio de una corriente tan alta que fundiría a un embobinado tradicional), se utilizan cables superconductores fabricados con una aleación de Niobio y Titanio (material que se descubrió a mediados del presente siglo, y que se vuelve superconductor a ***"solo" –253ºC ó 20ºK).***

La razón por la que aún no se emplean los nuevos materiales cerámicos que se mencionaron anteriormente, es que hasta el momento no se ha encontrado un método efectivo para convertir en un delgado alambre estos compuestos, mientras que la aleación de Nb-Ti, al ser totalmente metálica, posee todas las propiedades de ductilidad que caracterizan a estos materiales. Seguramente conforme se perfeccione la fabricación de alambres delgados utilizando compuestos de Bismuto, pronto se reemplazará la tecnología Nb-Ti, lo que pondrá este tipo de estudios más al alcance del público en general.

Otras aplicaciones

Como podrá suponer, un fenómeno tan especial como la superconductividad potencialmente posee una enorme variedad de aplicaciones; entre las más interesantes y que actualmente ya se están investigando podemos encontrar el almacén de energía en forma de una ***"rueda volante"***, una especie de toroide de material superconductor en el que se pone a circular una corriente considerable, de tal manera que al no haber ninguna resistencia por parte del material que la conduce, dicha corriente se queda circulando por tiempo indefinido, como un almacén de energía (esta aplicación está siendo estudiada muy cuidadosamente por la comunidad europea).

Otra aplicación que parece extraída de la cienciaficción es el desarrollo de ***"escudos contra gravedad"***, que están siendo investigados por la NASA en Estados Unidos (pruebas realizadas han demostrado que objetos que poseen en su interior un pequeño aparato formado por cerámicas superconductoras sufren un pequeño decremento en su peso); si se comprueba la efectividad de estos métodos, la propulsión de naves espaciales futuras puede sufrir una revolución total.

Por último, cabe señalar que el fenómeno de la superconductividad es muy importante para el desarrollo tecnológico futuro y que, en las condiciones actuales, no requiere de un complejo laboratorio para ser reproducido; en otras palabras, esta tecnología se encuentra al alcance de países como el nuestro y no es viable desdeñarla. De hecho, algunos investigadores tanto de la Universidad Nacional Autónoma de México como del Instituto Balseiro en Argentina, ya han producido muestras de cerámicas superconductoras y han realizado trabajos muy interesantes al respecto.

Si desea información adicional puede consultar los siguientes títulos y direcciones en Internet:

- ***Magaña, Solís L:F: "Los superconductores", serie La ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica, 1991. México.***
- ***Rhodes, R.G. and Mulhall, B.E. "Magnetic Levitation for Rail Transport", serie Monographs on cryogenics, Oxford University Press, 1981, Inglaterra.***
- ***Superconductive Components Inc. (http://www.superconductive-comp.com/)***
- ***Oak Ridge National Laboratory (http://www.ornl.gov/)***
- ***Sandia National Laboratory (http://www.sandia.gov/)***

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por Horacio D. Vallejo y Leopoldo Parra Reynada.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo - Tel.: 4301-8804

Mantenimiento y Reparación de Computadoras

22

El Mundo de la Electrónica

Protección de la Información
Actualización
Utilitarios para Mantenimiento
Utilitarios de Diagnóstico
Utilitarios de Información del Sistema
Recuperación de Información

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

Preparado en base a material de
Centro Japonés de Información
Electrónica y la revista
Electrónica y Servicio

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 22

MANTENIMIENTO Y REPARACION DE COMPUTADORAS

¿En qué consiste el servicio a una PC? 339
Mantenimiento..................339
Reparación........................339
Protección de la información 339
Actualización 340
Herramientas y componentes....................340
Discos con sistema 340
Utilitarios para el mantenimiento..................341
Utilitarios para el servicio a computadoras................342
Utilitarios de información del sistema..........................342
El programa Syschk 344
Utilitarios que se incluyen en Windows 344
Utilitarios de diagnóstico...345
Utilitarios de Optimización......................346
Antivirus 349
Programas integrados.......349
El CD complementario 350
Norton Utilities....................350

Cupón Nº 22
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5
Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 22

Mantenimiento y Reparación de Computadoras

¿En qué consiste el Mantenimiento de una computadora?

Si ha observado cómo se repara una videograbadora, un televisor o un equipo de audio, habrá notado que el proceso de corrección de la avería involucra la sustitución de un componente, algún ajuste eléctrico o mecánico, la resoldadura de tarjetas, etc. En todo caso, la reparación necesariamente involucra ***"manipular el hardware***", con el apoyo de instrumentos, herramientas especializadas, manuales y diagramas que describen exhaustivamente los circuitos del equipo.

En el servicio o mantenimiento a computadoras se tiene un panorama distinto por tres razones principales:

1) Son máquinas constituidas por una serie de módulos cuyos componentes electrónicos difícilmente pueden ser sustituidos o resoldados, pues sus dimensiones no lo permiten. Lo más práctico es sustituir el módulo completo.

En las computadoras muy viejas tipo XT, 286 y aún en las 386, sí era posible reparar algunas de sus tarjetas, pues las tecnologías de integración no alcanzaban los límites que se manejan en la actualidad y además eran muy costosas, por lo que convenía intentar la reparación.

No obstante, hay algunas reparaciones menores que pueden realizarse en tarjetas de tecnología de punta.

2) Dado que las computadoras son máquinas programables, la mayoría de las fallas no tienen que ver con causas físicas, sino con incompatibilidades lógicas, es decir: con problemas entre algún programa y un dispositivo de hardware, entre dos programas, entre una aplicación y los controladores de ciertos elementos y otros más.

Incluso, puede hablarse de una mala configuración de jumpers, de conexiones mal realizadas, de sistemas poco optimizados, de recursos insuficientes y otras anomalías, pero ningún caso se diagnostica como daño físico. En este sentido, no puede decirse que una computadora ***"está descompuesta"*** cuando se bloquea o cuando un programa no pueda ejecutarse. Por lo menos no, en el sentido que usamos cuando el televisor o la videograbadora se han descompuesto.

3) El mantenimiento de una computadora incluye más tareas que un aparato de consumo doméstico, pues no sólo abarca el mantenimiento y la reparación, sino también la protección de la información y la actualización del hardware y software.

Por lo tanto, los procedimientos tradicionales utilizados en el servicio a un equipo de consumidor, poco tienen que ver con el servicio a una computadora, aunque ambos sean sistemas electrónicos. Las herramientas, instrumentos, diagramas y manuales típicos del taller casi siempre salen sobrando.

Mantenimiento

Es la serie de pasos a realizar periódicamente, aun en sistemas que no presenten síntomas extraños, a fin de garantizar que la máquina siga funcionando sin fallas por un cierto período.

Entre estas tareas se encuentra la **optimización del sistema**, necesaria cuando la máquina funcina lentamente o cuando se producen ciertos conflictos en la ejecución de programas. En estos casos, el problema puede solucionarse ***"afinando"*** algunos aspectos operativos de la misma, como su configuración inicial, sus archivos de arranque, la instalación correcta de los diversos elementos de hardware y software, etc.

Reparación

Esta se entiende como el diagnóstico y corrección de problemas que afectan de manera determinante la operación normal de un sistema o impiden su funcionamiento. En estos casos, ya hay un síntoma específico que no permite la ejecución de las rutinas normales en una computadora, por lo que el trabajo del especialista consiste en determinar la causa del problema, que puede estar en hardware o en software y en su solución.

En este punto se ubican la localización de daños en los circuitos de las tarjetas y periféricos, conflictos entre controladores, mala asignación de recursos, imperfecciones lógicas en archivos o programas y todas aquellas anomalías que pueden catalogarse como "descomposturas" físicas o lógicas del sistema.

Protección de la información

Esta actividad la entendemos como la serie de rutinas que permiten tomar medidas preventivas para salvaguardar los datos y rescatarlos cuando por alguna razón se han perdido.

Entre estas tareas se encuentran las medidas antivirus, la recuperación de la tabla de partición y de la ***FAT***, el rescate de datos en discos duros dañados, etc. Incluso podrían considerarse medidas más sencillas cercanas al nivel del usuario, como el respaldo periódico de la información, el desborrado de un archivo o el desformateo de un disquete.

Actualización

Es la modificación del hardware y el software, por sustitución o añadidura de las nuevas tarjetas o periféricos, carga de versiones nuevas del sistema operativo, entre otras posibilidades. Lo que se persigue con ello, es que el sistema sea más poderoso o cuente con nuevas funciones, por ejemplo, multimedia o comunicaciones. En la mayoría de los casos, estas tareas no se presentan en forma pura. Por ejemplo, puede suceder que el especialista sea requerido para corregir una avería en la unidad de disquete, pero se aprovecha la oportunidad para optimizar el desempeño del sistema; o bien, que al ir a rescatar una máquina contaminada con virus informáticos, se procede a actualizar un controlador o el sistema operativo. Como éstos, pueden citarse muchos casos.

Lo importante es que el técnico pueda diferenciar entre una y otra tarea del servicio, pues ello le permite tomar las medidas correctivas y emplear las herramientas apropiadas. Y a la vez, esto supone una sólida base de conocimientos, determinantes para un buen trabajo.

ACERCA DEL EQUIPO NECESARIO PARA EL MANTENIMIENTO Y LA REPARACIÓN DE UNA PC

Hablar de las herramientas, componentes y programas necesarios para el servico a una PC, depende del nivel de las máquinas a las que se orientará su trabajo. Esto resulta evidente si considera que, por ejemplo, una máquina que se tiene en casa para juegos y tareas de los hijos, probablemente tendrá algunos componentes distintos de los que posee una computadora de oficina utilizada para llevar una contabilidad o el inventario de un almacén; la que, a la vez, será distinta de las computadoras de una empresa que requiere comunicación constante entre sus usuarios y una gran concentración de datos para su rápido manejo. Por ello, es un tanto difícil proponer una configuración de herramientas y utilitarios para todo propósito; hemos dividido la lista de elementos recomendados en diferentes niveles, dependientes del segmento del mercado en el que vaya a trabajar.

Herramientas y componentes

La lista de las herramientas y componentes necesarios en el servicio a este tipo de sistemas es la siguiente:

- ***Juego de destornilladores o desarmadores: de cruz, planos, tipo Torxy, si es posible, una serie de dados de diferentes medidas.***
- ***Pinzas de punta y de corte.***
- ***Multímetro de bolsillo, analógico o digital.***
- ***Chips de memoria RAM, suficientes para sustituir algunos que se sospechen defectuosos.***
- ***Tarjeta de video ISA-VGA.***
- ***Controladora Multi-I/O ISA.***
- ***Loopbacks de prueba para puertos serial y paralelo.***
- ***Algunos disquetes sin formatear. Es suficiente una caja de discos de 3,5 de alta densidad.***

Discos con sistema

A los disquetes que contienen grabados los archivos mínimamente indispensables para el arranque de una computadora, se les llama discos sistema. Recuerde que la máquina, al ser encendida, ejecuta una serie de rutinas de auto-prueba y enseguida busca un sistema operativo en la unidad declarada como A. Si lo encuentra, lo carga en la memoria RAM, de lo contrario se dirige a la unidad C (el disco duro) para su ejecución.

Un disco sistema es una herramienta muy importante para ejecutar determinadas pruebas en la máquina, como tendremos oportunidad de apreciar en el transcurso de la obra (figura 1).

Para preparar un disco sistema en la línea de comandos de DOS, introduzca un disquete sin formatear y escriba la orden:

```
FORMAT A:/U/S
```

Al finalizar el proceso, tendrá un disquete con los archivos necesarios para arrancar el sistema desde la unidad A. Para comprobarlo, teclee DIR A: y observe el archivo COMMAND.COM, que es el único visible, aunque también estarán presentes el MSDOS.SYS y el IO.SYS, que tienen atributos de ***"sólo de lectura"***.

Si su disquete ya está formateado introduzca la orden:

```
FORMAT A:/U/Q/S
```

El resultado final será el mismo. También puede escribir:

```
SYS A:
```

En este caso, sólo se transferirán los archivos de arranque sin modificar la información que pudiera contener el disquete.

En el caso de Windows 98 o Milenium, para crear este disco sistema es necesario entrar al PANEL DE CONTROL, solicitar INSTALACION DE WINDOWS y elegir la opción CREAR DISCO SISTEMA.

Aunque teóricamente podríamos arrancar una computadora con un disco sistema de cualquier sistema operativo, hay ciertas diferencias que en la práctica obligarán a reunir una colección de disquetes que permita enfrentarnos a múltiples situaciones (aunque se ofrece en el mercado un CD con todo lo que precisa).

- Disco sistema MS-DOS 6.0 ó 6.2 con DBLSPACE (el duplicador de disco para estas versiones); adicionalmente, en este disco es recomendable grabar utilitarios usuales como programas de diagnóstico, comandos externos del DOS, antivirus, etc.
- Disco sistema MS-DOS 6.22 con DRVSPACE (el duplicador de disco para esta versión). La misma indicación anterior.
- Disco sistema de Windows 95

Fig. 1

o 98 (sólo archivos de arranque y configuración). Este disco será indispensable para un correcto diagnóstico de máquinas que traen precargado este sistema operativo, ya que posee ciertas particularidades como los nombres de archivos largos que en caso de arrancar con un DOS normal, podrían perderse o no ser reconocidas.

Estos discos son únicamente para máquinas que trabajan con MS-DOS o Windows. Pero, *¿qué sucedería si en alguna computadora se utiliza el PC-DOS de IBM, en la que además se ha duplicado el disco duro con su propio programa para esa función —una variante de Stacker—, el cual no es compatible ni con DBLSPACE ni con DRVSPACE?*

Tendría que preparar ahí mismo un disco sistema con los archivos necesarios para que al arranque se puedan reconocer y utilizar las unidades comprimidas. Y en caso de que el disco duro esté contaminado con algún virus informático, el disco sistema obtenido será inútil para efectuar una clínica de desinfección. Por lo tanto, también se recomienda tener a mano lo siguiente.

- Disco sistema OS/2 Warp u OS/2 última versión. Cargue también los utilitarios de diagnóstico y reparación que considere necesarios.
- Disco sistema PC-DOS 6.1 de IBM (con Stacker).
- Disco sistema DR-DOS 6.0 de Digital Research (con SuperStor).
- Disco sistema Novell-DOS 7.0 de Novell.

En cuanto al sistema operativo Compaq-DOS, es virtualmente idéntico al MS-DOS; de hecho, lo mismo podríamos decir del PC-DOS de IBM, ya que ambos se fabrican con licencia de Microsoft y comparten sus características principales, aunque hay algunas diferencias entre ellos, sobre todo en la compresión de datos.

Por supuesto que si en una computadora el disco duro no está duplicado, no importará el sistema operativo, siempre que arranque desde disquete. Esta indicación también se cumple para máquinas con Windows 95 o 98, excepto en el aspecto de recuperación de archivos borrados accidentalmente y en el desformateo del disco duro u optimización del sistema, aspectos que de preferencia deben hacerse con utilitarios de 32 bits (que reconozcan y puedan manejar los nombres largos de archivos que identifican a estas aplicaciones), ya que las funciones básicas de administración de recursos y archivos las puede realizar por igual cualquiera de ellos.

Si desea saber más sobre este tema le recomendamos consultar la obra: ***"Todo sobre Computadoras",*** de esta editorial, en la que se menciona qué pasa con discos muy viejos y lo que ocurrirá en el futuro.

Por último, en años pasados se vendieron duplicadores de disco duro como ***Stacker, Super-Stor y XtraDrive.*** En caso de encontrar un disco comprimido con alguno de estos utilitarios, será necesario contar con su respectivo disco sistema para tener acceso a los datos.

UTILITARIOS PARA EL MANTENIMIENTO

Los utilitarios son programas diseñados para realizar procesos que no necesariamente contribuyen a la producción de resultados, como los que se obtiene, por ejemplo, con un procesador de textos o una base de datos, pero facilitan el manejo de la computadora o apoyan las tareas del servicio.

Según su perfil de aplicación, se dividen en: ***utilitarios para el usuario y utilitarios para el servicio.***

Entre las primeras están los programas de apoyo operativo, como administradores de archivos, visores de imágenes, herramientas de respaldo, de compresión de archivos y, en general, todas aquellas actividades que faciliten el manejo de la computadora o constituyen recursos operativos adicionales.

En contraste, los utilitarios para el servicio son programas que permiten obtener datos del sistema, diagnosticar su operación, optimizar el desempeño y recuperar información. En esta categoría se encuentran herramientas que permiten comprobar el rendimiento del sistema, localizar y corregir errores en disco duro, administrar memoria, detectar y erradicar virus, rescatar información, resolver problemas entre programas, etc.

La gama es amplia, tanto como las necesidades de mantenimiento, reparación, optimización y actualización de una computadora. Por la importancia de estos programas, el siguiente capítulo estará dedicado a hablar de sus principales características y de los que mínimamente debe reunir para el servicio a las PC.

En los ambientes empresariales, por lo general, las computadoras están conectadas en red, por lo que parte del diagnóstico y reparación consiste en verificar el flujo de datos entre las distintas máquinas instaladas.

En estos sistemas, lo común es encontrar una configuración de red ***"punto a punto"***, en la que cada nodo está formado por una

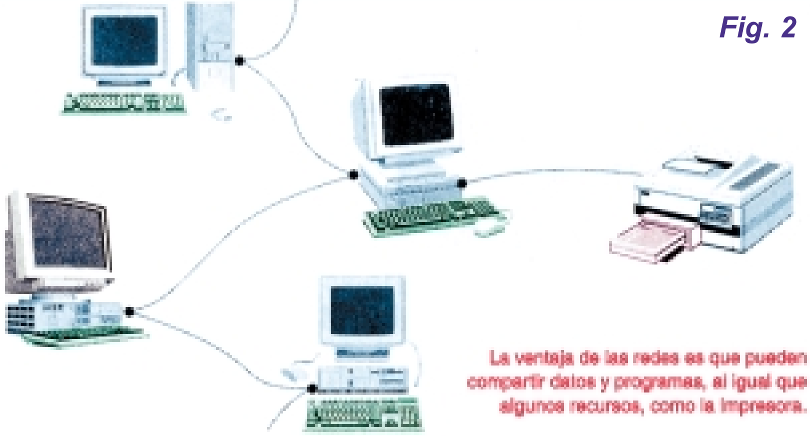


Fig. 2

La ventaja de las redes es que pueden compartir datos y programas, al igual que algunos recursos, como la impresora.

computadora completa, con sus unidades de almacenamiento y tarjetas controladoras; de esta manera, si una de ellas en particular presenta algún problema, puede simplemente inhabilitarse dicho nodo mientras se realiza el diagnóstico (figura 2).

A las herramientas anteriores hay que añadirles algunos elementos especializados en el diagnóstico y detección de fallas en ambientes de redes, como son:

- ***Verificador de continuidad en cables (BNC y 10-Base T).***
- ***Conectores tipo "T" y campanas BNC.***
- ***Terminales tipo telefónico 10-Base T y pinza especial para su montaje.***
- ***Cable suficiente, tanto coaxial como multiwire.***
- ***Programas con utilitarios especiales para el diagnóstico de redes.***

Todo lo anterior debe complementarse con sólidos conocimientos de cómo trabaja una red, de las configuraciones habituales, de cómo dar de alta nuevos nodos o dispositivos y del ambiente de trabajo. Y estos conocimientos requieren dedicación y estudios avanzados.

UTILITARIOS PARA EL SERVICIO A PC

Las principales herramientas de este tipo se pueden agrupar en cuatro categorías:

1) De información del sistema
2) De diagnóstico
3) De optimización
4) De recuperación de información

En este sentido, los utilitarios para el servicio son herramientas que no sólo brindan certidumbre al especialista al reportarle una serie de datos que lo guían en sus trabajos, sino que también le permiten alcanzar el mayor rendimiento posible de un sistema dado y proteger la información cuando está en riesgo de perderse (e incluso rescatarla cuando se ha perdido).

Utilitarios de Información del Sistema

Este tipo de programas tiene como objetivo principal hacer un inventario de los componentes del sistema, tanto del hardware como del software operativo. Así, dependiendo de su nivel, pueden desplegar datos sobre las características del microprocesador, de la memoria RAM, parámetros físicos y lógicos del disco duro, configuración de los dispositivos multimedia, los puertos de entrada/salida, el contenido de la memoria CMOS, la versión del sistema operativo, si está presente el subsistema Windows, el entorno operativo del DOS, etc.

Con estas referencias, el especialista dispone de una serie de elementos de juicio antes de pasar a rutinas de servicio más complejas.

Estos programas pueden ser desde muy básicos —sólo una o dos pantallas con información poco detallada con los aspectos más relevantes de una computadora—, hasta relativamente avanzados, con la posibilidad de llevar a cabo algunas pruebas elementales para verificar el desempeño de algunos elementos de la máquina.

En los apartados subsecuentes se explicarán varios programas de este tipo, muchos de los cuales se encuentran en el CD que puede adquirir a un bajo costo por ser lector de esta enciclopedia. Al respecto, de manera inevitable tendremos que mencionar una serie de conceptos técnicos que probablemente le resulten desconocidos, pero no se preocupe, conforme vaya avanzando en la lectura de esta obra se irán aclarando.

El MSD de MS-DOS

A partir de la versión 6.0 de MS-DOS y en Windows 3.1, se incluyó el programa Microsoft System Diagnostics, mejor conocida por sus siglas MSD. Para tener acceso a este utilitario desde la línea de comandos, basta con escribir MSD y presionar enter, en cuyo caso se despliega una pantalla como la que se muestra en la figura 3.

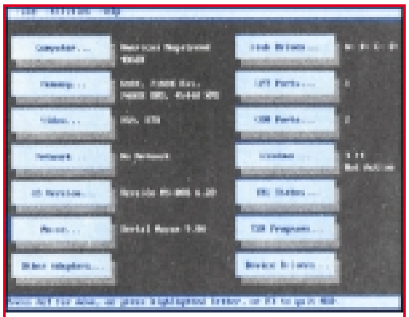


Fig. 3

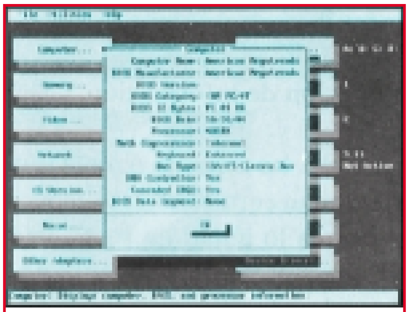


Fig. 4

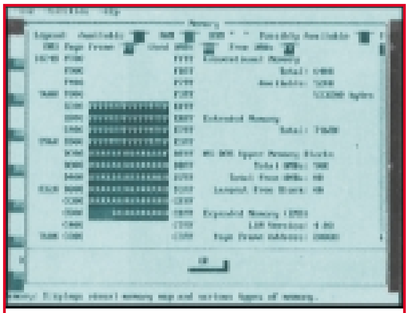


Fig. 5

Observará que se trata de un menú de entrada que suministra información sobre diversos aspectos del sistema.

• **Computer -** Al ingresar a este menú, aparece una ventana (figura 4) en la que se consulta la marca del equipo, el fabricante del BIOS, información adicional sobre dicho circuito, su fecha de fabricación, la versión del software incluido, los bits de identificación y otros datos.

También se identifica el tipo de microprocesador y se detecta la presencia del coprocesador matemático, así como el tipo de controlador o chipset del sistema, la existencia del controlador de DMA's y si cuenta con un segundo 8259 para manejar las interrupciones 8-15.

• **Memory -** Al presionar esta opción, se expide una pantalla como la de la figura 5. Se trata

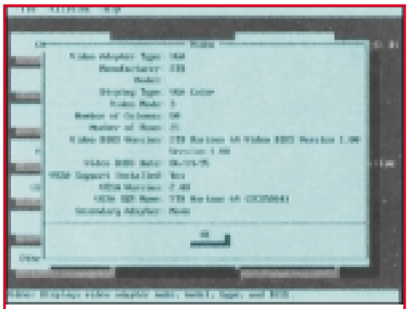


Fig. 6

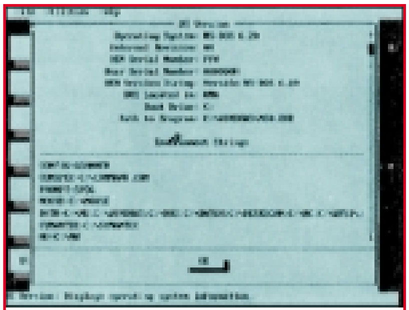


Fig. 7

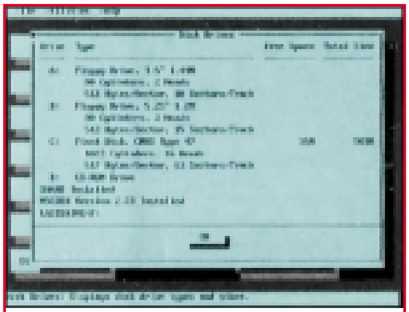


Fig. 8

sólo de un mapa de memoria, donde se puede localizar cuáles porciones de la memoria superior están siendo utilizadas. Esta información puede ser muy útil en la labor de administración de memoria.

- **Video -** Aquí aparece una pantalla como la de la figura 6, donde se indica el tipo de tarjeta de video, el fabricante del chipset y, si la información está disponible, el modelo del mismo, también señala el modo de video en uso, en número de columnas y renglones (como el utilitario se ejecuta en modo texto, este parámetro casi siempre indica 80 columnas por 25 renglones), identifica el fabricante del BIOS de la tarjeta de video y algunas características del mismo, informa si la tarjeta es compatible con los estándares de VESA y si hay algún adaptador de video secundario.

- **Network -** Aquí se detecta la presencia de algún recurso que permita el intercambio de información entre computadoras, además identifica el tipo de red instalada, el nombre por el que responde dicha computadora a la red y si hay algún BIOS correspondiente a tarjetas de red instaladas.

- **OS Versión -** Aquí se puede observar qué versión del sistema operativo se está ejecutando en la computadora (figura 7), detalla como su revisión interna, su número de serie, el número de usuario y la forma como se identificará el sistema cuando se accione la orden VER.

También informa si el DOS se ha ubicado en el área de memoria alta, si está instalado Windows y desde qué directorio se está ejecutando el utilitario MSD. También muestra las variables del entorno del DOS, como es si hay un shell distinto al COMMAND.COM, el estado de la línea Path, el aspecto del Prompt, etc.

- **Mouse -** Aquí se observan diversos detalles sobre el dispositivo apuntador, como el tipo de mouse empleado (serial o de bus), la versión del manejador de ratón, qué puerto e interrupción está utilizando, su sensibilidad horizontal y vertical, entre otros parámetros.

- **Other adapters -** En este apartado se consulta si hay otros dispositivos conectados al sistema, aunque el más común de éstos es la palanca de juegos o joystick.

- **Disk drives -** Al entrar en esta opción aparece una pantalla como la de la figura 8. Puede apreciar que es posible consultar información sobre las unidades de disco instaladas en la computadora, incluidas unidades de disquetes, discos duros y unidad de CD-ROM (o lo que esté instalado). También indica la cantidad de espacio libre en cada unidad.

LPT ports - Este apartado proporciona información sobre los puertos paralelos instalados en el sistema; lo normal es que sólo aparezca un puerto paralelo (LPT1), el que se incluye como opción predeterminada en toda computadora. A este puerto también se le conoce como "puerto de impresora", ya que la mayoría de los usuarios lo utilizan exclusivamente para conectar ese periférico.

- **COM port -** Aquí se dispone de abundante información referente a los puertos seriales instalados en máquina (figura 9), incluida dirección I/O, velocidad de transmisión, tipo de UART empleado y otros datos.

- **IRQ -** Esta opción despliega una pantalla (figura 10) en la que se listan las 16 interrupciones que maneja la plataforma PC; también indica si dicha interrupción está siendo utilizada por algún dispositivo o si está libre.

- **TSR programs -** Aquí se presenta una lista de las aplicaciones cargadas como residentes en memoria, lo que permite identificar fácilmente cuáles de ellas consumen más memoria de la

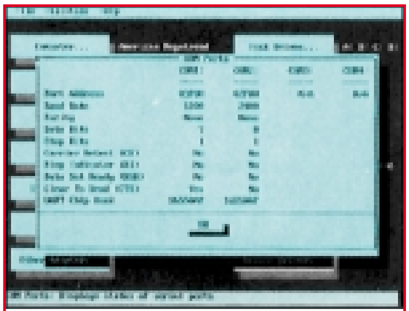


Fig. 9

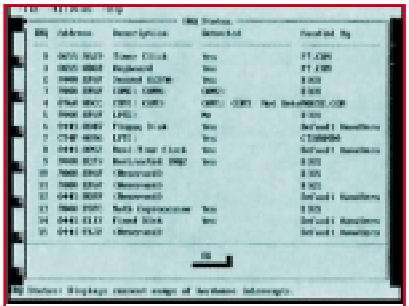


Fig. 10

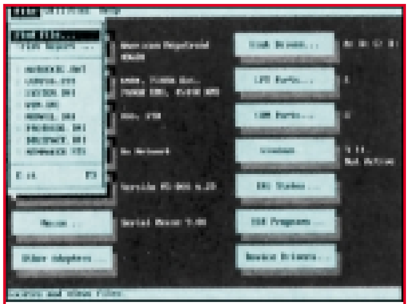


Fig. 11

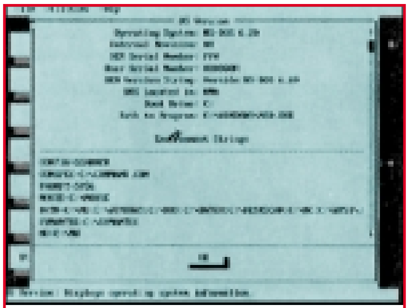


Fig. 12

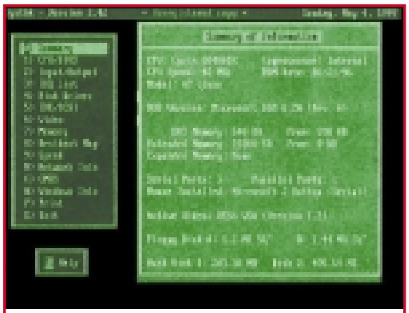


Fig. 13

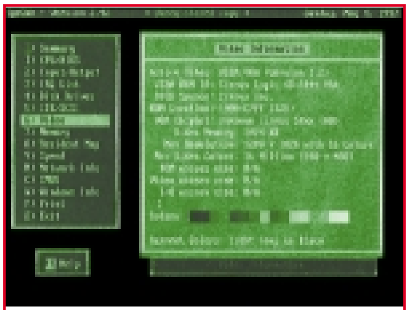


Fig. 14

necesaria, para poder luego optimizar el aprovechamiento de ese recurso del sistema.

- **Device drivers -** Esta opción muestra la lista de dispositivos instalados en la máquina, así como la dirección de memoria que están empleando y los atributos que posee.

Adicionalmente a todo lo anterior, MSD posee algunos menús que permiten tener acceso a otras funciones, como son:

- **Menú FILE -** Aquí se puede consultar los principales archivos de configuración del sistema, como son el AUTOEXEC.BAT y el CONFIG.SYS de DOS, el WIN.INI, el SYSTEM.INI de Windows y otros archivos importantes relacionados con Mail, Internet, MEMMAKER y DBLSPACE —o DRVSPACE para la versión 6.22 de MS-DOS (figura 11).
- **Menú UTILITIES -** Por medio de este menú se tiene acceso a dos mapas de memoria (figura 12) que permiten localizar exactamente dónde se está ejecutando alguna aplicación específica. Por medio de la línea INSERT COMMAND es posible modificar algunos parámetros del CONFIG.SYS y activando la línea TEST PRINTER se puede probar en forma básica el funcionamiento de la impresora. La línea final permite conmutar el despliegue de blanco y negro a color (lo mismo se logra presionando la tecla F5).

EL PROGRAMA SYSCHK

Este es un utilitario del tipo shareware, un concepto de venta en el que el usuario tiene oportunidad de probar libremente un determinado programa y después de un cierto tiempo, si le es útil dicha aplicación, pagar una pequeña cuota de registro, lo que le da derecho a prestaciones adicionales como son otros programas de apoyo, versiones más avanzadas y manuales de operación.

El SYSCHK es producido por Advanced Personal Systems.

Cuando se ejecuta, al presionar el comando SYSCHK, aparece una pantalla con un menú inicial que conduce a diversas pruebas sobre elementos individuales de la computadora (figura 13).

La primera de esas pruebas, que aparece como opción predeterminada, es la información general en forma resumida (Summary), donde se identifica el tipo de microprocesador empleado, su velocidad, la cantidad de RAM instalada, la versión del sistema operativo utilizada y el número de puertos seriales y paralelos, entre otros datos.

Al desplazar la línea resaltada de la ventana de la izquierda, van apareciendo diversas pantallas en la ventana derecha que muestran las características detalladas del punto elegido. Por ejemplo, si resaltamos la línea ***"CPU/BIOS"***, aparece una serie de datos tanto del microprocesador como del BIOS del sistema; si se elige la línea ***"IRQ list"***, se muestra una relación detallada de las interrupciones de la plataforma PC y cuáles de ellas están siendo utilizadas y por qué dispositivo; en la línea ***"Video"***, se despliegan datos sobre el fabricante del chipset, así como la cantidad de RAM instalada, la máxima resolución tanto en número de colores como en puntos, entre otros datos (figura 14); si se resalta la línea Windows, se despliega información sobre la instalación de esta interface gráfica y así sucesivamente.

Este utilitario presenta la información muy detallada.

Sobre todo en el aspecto de los IRQ's suele ser más exacta al compararla con MSD, que frecuentemente presenta inexactitudes al detectar los dispositivos instalados (compare las figuras 10 y 15 y observe que en esta última se detectó correctamente que el módem configurado como COM3 utiliza la interrupción 5, la tarjeta de sonido emplea la 7 y que IRQ15 está ocupada por un elemento desconocido, que en este caso es el lector de CD-ROM).

Si sabe interpretar correctamente la información que brinda este programa, tendrá mayores posibilidades de solucionar los problemas que se presentan en la PC.

UTILITARIOS QUE SE INCLUYEN EN WINDOWS

Windows 95 no incluye utilitario específico de información del sistema, como sucede en MS-DOS. Sin embargo, en el PANEL DE CONTROL hay una serie de recursos que permiten explorar algu-

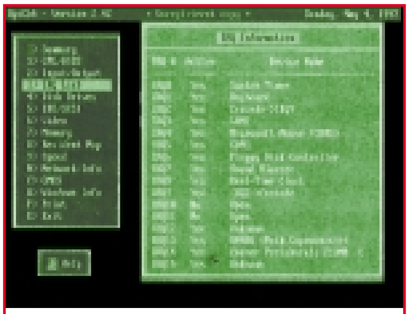


Fig. 15

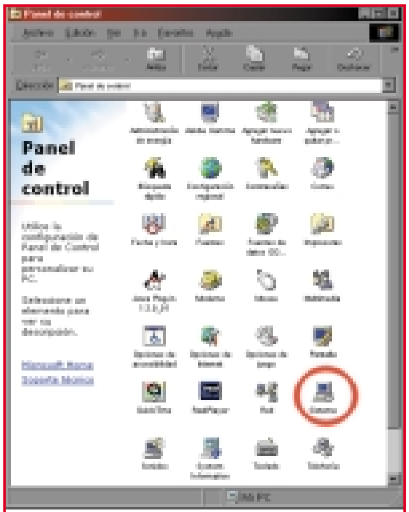

Panel de control
Panel de control
Utilice la configuración de Panel de Control para personalizar su PC.
Seleccione un elemento para ver su descripción.
Sistema
Mi PC

Fig. 16

nos aspectos operativos del sistema.

Por ejemplo, si activa el icono SISTEMA e invoca la opción ADMINISTRADOR DE DISPOSITIVOS, aparece una pantalla como la mostrada en la figura 16, en la cual se puede consultar una lista muy extensa de los recursos instalados, desde controladoras de discos flexibles y discos duros hasta los puertos de comunicación y dispositivos multimedia. Al hacer doble **"clic"** sobre cualquiera de estos dispositivos, aparece una pantalla con información más detallada del elemento solicitado (figura 17), como su dirección I/O, su solicitud de interrupción (IRQ), su acceso directo a memoria (DMA), etc.

Este utilitario se incluyó como un respaldo a las características Plug and Play (conecte y use) de Windows 95 o Windows 98, para permitir que el técnico de servicio haga una rápida inspección de los recursos del sistema que ya han sido utilizados, de modo que si se llega a instalar un elemento adicional que no cumple con estas especificaciones, pueda hacerse la configuración manualmente sin grandes dificultades.

UTILITARIOS DE DIAGNÓSTICO

Estos utilitarios constituyen, de hecho, una extensión de las que brindan información del sistema, en la medida que también ofrecen datos, pero como resultado de un diagnóstico operativo de la computadora.

En esta categoría se encuentran programas que no sólo detectan los componentes, sino que también los prueban, analizan posibles conflictos o problemas de operación y comparan su desempeño con una base de datos previamente grabada, en la cual se indica el resultado considerado como óptimo. De esta manera, se reporta al final si la máquina está funcionando adecuadamente y las posibles incongruencias que pudieran existir.

Enseguida se explica un programa de este tipo, en el que puede apoyarse durante sus actividades de servicio a las PC.

AMI Diagnostics de American Megatrends Inc.

Aunque éste es un programa comercial, la compañía que lo produjo liberó una versión demo en la modalidad de shareware, no tan completa pero sí muy útil, por lo menos es mejor que otros utilitarios que se distribuyen en esta modalidad.

Al ejecutar el programa con el comando AMIDIAG —estando en el directorio respectivo—, aparece una pantalla inicial (figura 18) y enseguida la de menú principal, desde donde se pueden ejecutar todas las pruebas que este utilitario ofrece. Note que se incluye un menú especial para realizar pruebas a la tarjeta madre (System Board), memoria (Memory), disco duro (Hard Disk), disquete (Floppy), teclado (Keyboard), video y misceláneas.

Al desplegar cada menú, aparecen diversas opciones que resultan muy efectivas para determinar el adecuado comportamiento del equipo, aunque en esta versión algunas de las pruebas han sido desactivadas.

Le recomendamos que trate de adquirir la versión completa del programa.

Y refiriéndonos a utilitarios shareware, si es que no tiene posibilidades de adquirir una herramienta profesional como de las que hablaremos más adelante, es muy conveniente que explore los programas de diagnóstico que se distribuyen mediante dicha modalidad (en Internet o en CD-ROM especializados). Hay una gran diversidad de aplicaciones, desde algunas que prueban exclusivamente un elemento específico del sistema (como puertos I/O, coprocesador, módem, disco duro, unidad de disquete, principalmente), hasta otras que hacen pruebas y análisis combinados de los recursos.

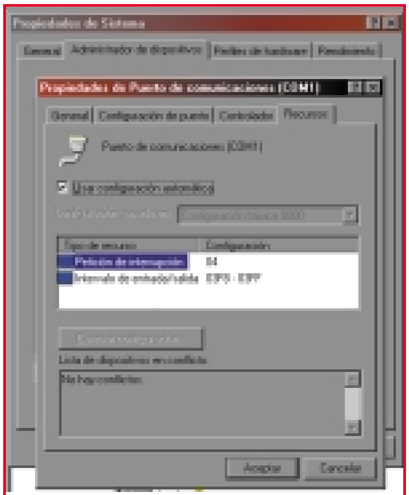

Propiedades de Sistema
General
Administrador de dispositivos
Perfiles de hardware
Rendimiento
Propiedades de Puerto de comunicaciones (COM1)
General
Configuración de puerto
Controlador
Recursos
Puerto de comunicaciones (COM1)
Usar configuración automática
Tipo de recurso
Configuración
Petición de interrupción
04
Intervalo de entrada/salida
03F8 - 03FF
Lista de dispositivos en conflicto
No hay conflictos
Aceptar
Cancelar

Fig. 17

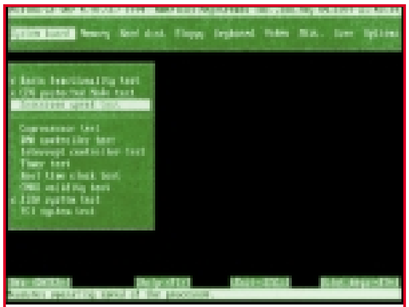

System Board
Memory
Hard disk
Floppy
Keyboard
Video
Misc.
User
Options

Fig. 18

Tenga en cuenta que para reunir una buena colección de programas de diagnóstico que cubra todos los aspectos del sistema debe explorar muchos utilitarios, algunos de los cuales son completamente inútiles u ocasionan bloqueos a la computadora u otras anomalías.

Lo mejor es utilizar programas profesionales, aunque de ninguna manera son despreciables los del tipo shareware.

Utilitarios de diagnóstico para Windows 95 y Windows 98

Prácticamente no hay programas de diagnóstico a nivel hardware que se ejecuten sobre Windows 95 (98).

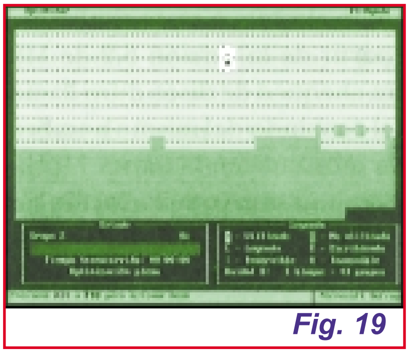


Fig. 19

Esto se debe a que dicho sistema operativo aísla de manera muy efectiva a la parte "dura" de la máquina, de las aplicaciones que se ejecutan sobre ella, impidiendo realizar algunas pruebas a nivel de los componentes.

Sin embargo, si pretende hacer un diagnóstico al hardware de una computadora que tenga cargado el sistema operativo Windows 95 (98), puede arrancarla en modo DOS: cuando aparezca el letrero **"Iniciando Windows 95 (98)"** presione F8, seleccione "Sólo símbolo de sistema en modo a prueba de fallos" y se encontrará con el típico cursor de la línea de comandos; introduzca entonces el disquete de utilitarios que emplea en cualquier unidad de sistema y podrá ejecutarlos sin problemas y diagnosticar los elementos que componen la máquina y realiza pruebas en donde necesariamente se requiera la interacción directa entre el hardware y el software.

Seguramente, en un futuro cercano aparecerán utilitarios que podrán ejecutarse sobre la interface gráfica de Windows 95, pero por el momento es mejor confiar en el viejo conocido DOS para una labor de diagnóstico.

UTILITARIOS DE OPTIMIZACIÓN

La función primordial de estos utilitarios es mejorar el rendimiento del sistema, aunque algunos programas ofrecen opciones adicionales para personalizar aspectos del sistema operativo, encontrar archivos duplicados o raramente utilizados y otras posibilidades que facilitan el trabajo del especialista en sus rutinas para obtener el mejor desempeño de la computadora. Entre los diversos utilitarios que se pueden emplear están los que brinda el MS-DOS a partir de la versión 6.0 y las incluidas en Windows 95 (98). También hay algunas que se distribuyen mediante el concepto shareware; sin embargo, no debe desaprovecharse que en las últimas versiones del MS-DOS se incluyen programas de este tipo, pues además de ser confiables son los que se tienen a la mano.

Utilitarios para mejorar el desempeño del disco duro

Un aspecto importante en el rendimiento general de una computadora es el grado de fragmentación de los archivos almacenados en el disco duro. Conviene precisar que un archivo se encuentra fragmentado cuando está grabado de manera repartida en diversos sectores del disco que no son consecutivos o contiguos. Esta situación se origina con el trabajo normal del usuario, al borrar, crear y modificar archivos y se traduce en que los archivos de un mismo directorio o programa quedan esparcidos en diversos puntos del disco duro.

El problema con un disco fragmentado es que aumenta el tiempo en que tardan las cabezas magnéticas en ejecutar las operaciones de lectura y escritura, pues tienen que colocarse en diversos puntos para leer una información de manera continua y esto disminuye la velocidad general de operación del sistema. Lógicamente, una manera de incrementar el rendimiento de la máquina consiste en ***"defragmentar"*** el disco duro, es decir, en reorganizar los archivos de tal manera que no sólo cada uno quede grabado por completo en sectores adyacentes, sino que también todos los archivos de un directorio queden compactados en una misma zona.

Para realizar esta tarea, que es más bien de rutina, se han diseñado diversos programas de optimización del disco duro, siendo el más popular el Defrag, el cual se incorporó a partir de la versión 6.0 de MS-DOS e incluso aún permanece entre los utilitarios del sistema de Windows 95 (98).

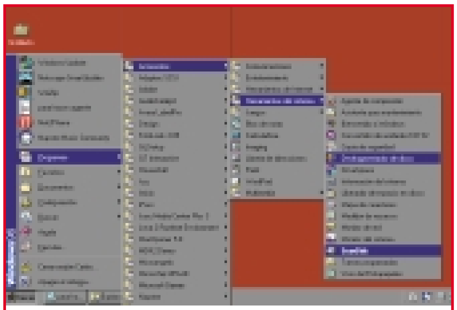


Fig. 20

Para activar este utilitario desde la línea de comandos escriba ***DEFRAG***, debe aparecer una pantalla como la que se muestra en la figura 19, que corresponde a un mapa del disco duro con pequeñas celdas que representan cierto número de sectores (o clusters, que son grupos de sectores). Si aparece un número excesivo de "huecos" entre las celdas con información, es conveniente entonces realizar una defragmentación aunque en ocasiones el programa recomiende otra opción. Para ello, diríjase a CONFIGURACION, señale METODO DE OPTIMIZACION y elija OPTIMIZACION PLENA. Arranque el proceso y después de algunos minutos (puede tardar bastante en discos muy fragmentados o que hayan sido duplicados con DBLSPACE o DRVSPACE), observará que toda la información ha sido ***"empaquetada"*** y ocupa un espacio continuo desde el principio del disco.

Puede suceder que muchos usuarios no adviertan una mejora en la velocidad —debido al tipo de aplicaciones que ejecutan— pero diversas pruebas han demostrado que un disco defragmentado puede acelerar de 15 a 20% el rendimiento en comparación con el desempeño anterior. Por lo tanto, es recomendable ejecutar periódicamente esta rutina de optimización.

Si desea ejecutar este programa bajo Windows 95, vaya al botón INICIO, línea PROGRAMAS, línea ACCESORIOS, elija HERRAMIENTAS DEL SISTEMA y finalmente DEFRAGMENTADOR DE DISCO (figura 20).

Ahora bien, antes de ejecutar la defragmentación de cualquier unidad, conviene asegurarse de que los datos contenidos en ella no presenten irregularidad, como fallas en la estructura de archivos, incongruencias en las tablas de localización de archivos (FAT), cadenas perdidas de clusters o casos similares.

Para revisar estos aspectos, a partir de la versión 6.2 de MS-DOS se incorporó un utilitario para chequeo de disco duro llamado Scandisk, que se ejecuta con el comando del mismo nombre.

Este programa, incluso, puede realizar una comprobación del estado de la superficie magnética de los platos del disco duro, notifica si algún sector ha sufrido daños y ofrece la posibilidad de recuperar la información que pudiera contener dicha porción de disco antes de marcarla como defectuosa para que el DOS evite almacenar información en esos sectores.

Por lo tanto, casi como regla general, siempre que vaya a aplicar una defragmentación de disco, previamente revise el estado de la información con Scandisk (los usuarios de Windows 95 pueden encontrar este utilitario en el menú INICIO, línea PROGRAMAS, línea ACCESORIOS, opción HERRAMIENTAS DEL SISTEMA y finalmente SCANDISK, vea figura 20).

Utilitarios para administrar memoria

La necesidad de administrar memoria fue un aspecto que durante mucho tiempo representó una dificultad para muchos usuarios, además de ser un punto vital para la correcta ejecución de una gran cantidad de programas que se ejecutan en DOS, sobre todo juegos.

La administración de memoria es una de las tareas del servicio que más complicadas le resultan a muchos especialistas, pues además de un buen conocimiento de la estructura, archivos y comandos del DOS, requiere comprender perfectamente las distintas clasificaciones en que se divide la memoria RAM desde el punto de vista lógico así como tener cierta práctica para rescatar hasta el último resquicio de la memoria base sobre la que se ejecutan los programas en este sistema operativo.

Tomando en cuenta esta situación y la importancia que tiene una adecuada administración de memoria para el correcto desempeño de un sistema, a partir de la versión 6.0 de MS-DOS se incluyó un utilitario denominado Memmaker, cuyo objetivo es analizar de forma automática los archivos de arranque del sistema y optimizarlos, así libera la mayor cantidad de memoria RAM posible para la ejecución de programas en DOS.

Para invocarla, sólo escriba MEMMAKER en la línea de comandos, con los que aparecerán varias pantallas que lo guiarán durante el proceso de optimización de memoria.

En la mayoría de los casos, las opciones por default garantizan un buen desempeño, pero en otras situaciones es mucho más conveniente realizar la administración manualmente. Incluso, se ha comprobado en repetidas ocasiones que una buena administración manual rescata una mayor cantidad de memoria que el Memmaker.

En Windows 95 (98), teóricamente no es necesaria la administración de memoria; sin embargo, se han encontrado ciertas aplicaciones en modo DOS, sobre todo juegos, las cuales no se ejecutan si la máquina no está correctamente administrada en su memoria simple. Y como en este sistema operativo no hay un programa de administración automática, tiene que realizarse de manera manual. Por estas razones y porque de cualquier manera la ejecución del Memmaker en DOS implica una serie de conocimientos mínimos respecto de los tipos de memoria lógica, es conveniente hacer un estudio detallado del tema.

Utilitarios para duplicar el disco duro

Aún hay en el medio muchas computadoras con discos duros de baja capacidad, con relación al tamaño de los programas modernos, incluido el sistema operativo Windows 95 (98).

Como una opción para incrementar la capacidad de estas unidades, en las versiones 6.0 y 6.2 del MS-DOS se incluyó un programa llamado DoubleSpace, el cual permite almacenar la información de manera comprimida en el disco duro. Esto se logra mediante ciertos algoritmos que descartan datos redundantes, de modo similar a como lo hacen los utilitarios clásicos de compresión de archivos (como el PKZIP, el LHA y el ARJ); con la diferencia de que estos utilitarios hacen la compresión y descompresión de forma completamente automática.

La ventaja de este programa es que es transparente para el usuario y trabaja en tiempo real; es decir, comprime la información cuando es almacenada y la descomprime cuando se le da lectura, a diferencia de los compresores como los mencionados más arriba, en los que el usuario no sólo debe seleccionar los archivos a comprimir sino también ejecutar algunas rutinas manualmente. Y lo mismo cuando va a expandir la información.

Cabe insistir en que el espacio de almacenamiento adicional que aparece después de ejecutado el Doublespace es virtual (no existe físicamente), aunque para fines prácticos efectivamente se incrementa el espacio de almacenamiento del disco.

El DoubleSpace no fue el primer programa de este tipo. Durante muchos años, se vendieron compresores como utilitarios independientes; de hecho, Stackery XtraDrive aún gozan de cierta popularidad entre el público informático.

Fue Digital Research la primera compañía que incorporó un duplicador en tiempo real como parte de su sistema operativo, a partir de la versión 6.0 del DR-DOS. Este es el SuperStor, que también se vendió como utilitario independiente.

Y como esto le otorgó ventaja a esa compañía, pronto Microsoft incluyó el DoubleSpace en su sistema operativo. De hecho, este programa fue una versión que utilizó tecnología de Stac Electronics (productora del popular programa Stacker), y esta firma entabló una demanda legal contra Microsoft por incumplimiento de acuerdo, lo que obligó a dicha corporación a desarrollar su propio compresor: el DriveSpace que se incluye en la versión 6.22 del MS-DOS.

El DoubleSpace se ejecuta desde DOS con el comando DBLSPACE y el DriveSpace con la orden DRVSPACE, según la versión del sistema operativo. La forma como ambos programas funcionan es prácticamente idéntica, los menús de opciones que se ofrecen durante la configuración son muy intuitivos en los dos utilitarios, por lo que es posible que el mismo usuario seleccione las opciones más convenientes para optimizar su sistema.

A pesar de ello, recomendamos que valore seriamente la conveniencia de duplicar un disco duro, ya que en tal caso la información almacenada puede llegar a ser más difícil de recuperar en caso de que surja algún problema.

Además, los precios actuales de los discos duros justifican más la compra de uno nuevo de gran capacidad que la duplicación por software.

Como comentario final, este utilitario de duplicación de disco también se incluye en Windows 95 (98) (vaya al botón INICIO, línea PROGRAMAS, opción ACCESORIOS, HERRAMIENTAS DEL SISTEMA y DRIVESPACE), aunque esta es una opción que en ocasiones no se carga durante la instalación de dicho sistema operativo (depende del tipo de instalación realizada, si fue manual o automática y si el software viene precargado o se proporcionaron los discos correspondientes), sí que deberá tener a mano los disquetes o el CD del programa.

Utilitarios de protección y rescate de información

La función principal de este tipo de utilitario es proteger y rescatar la información del sistema y del usuario. Ya se sabe que en muchos casos, lo más valioso de una computadora *—incluso más que el hardware y los programas de aplicación—*, es la información que se almacena en el disco duro y de la que no se tiene respaldo.

Por lo tanto, proteger la información y recuperarla en caso de daño es una de las actividades más importantes para el técnico de servicio. Al respecto, las pérdidas de datos pueden ser desde muy simples como un archivo borrado accidentalmente, hasta daños físicos en el disco duro que impiden el arranque de esta unidad de almacenamiento. Y lógicamente, las herramientas utilizadas tienen que ser apropiadas, como explicaremos enseguida.

Utilitario para recuperar archivos borrados accidentalmente

El caso más frecuente de pérdida de información consiste en el borrado accidental de un archivo o directorio, lo que podría significar la pérdida de muchas horas de trabajo o el tener que instalar los programas perjudicados. Casi desde que fabricaron las PC, surgieron aplicaciones para ***"desborrar"*** archivos eliminados, con la condición de que nada se hubiera sobrescrito después de cometido el error. Justamente, uno de los primeros utilitarios de Peter Norton —pionero en la venta de este tipo de programas— fue un ***"desborrador"*** que llegó a ser muy popular.

Por muchos años, Microsoft y otros fabricantes de sistemas operativos desatendieron estas soluciones, las cuales fueron cubiertas por terceros fabricantes.

No obstante, en las últimas versiones, el MS-DOS se convirtió en una verdadera multiherramienta, como navaja suiza, al incorporar diversos utilitarios, entre los que se encuentran dos de recuperación de archivos borrados accidentalmente: ***Undelete de DOS y Restablecer, que se acopla al subsistema Windows (figura 21).***

Es muy obvio el procedimiento de desborrado de archivos y directorios, por lo que no vamos a explicar los pasos a seguir, en todo caso consulte el manual de MS-DOS o la ayuda del programa. Interesa más explicar la razón por la que es posible recuperar los archivos borrados.

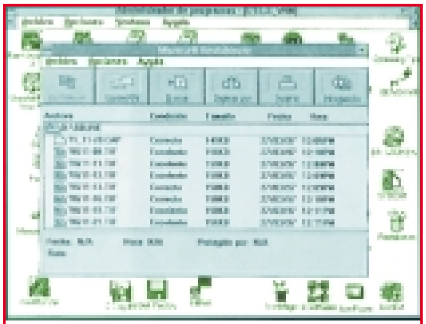


Fig. 21

Cuando el usuario da la orden DELETE (nombre archivo), el sistema operativo no elimina físicamente los datos del archivo en cuestión; tan sólo borra la primera letra del nombre del archivo en la FAT (y en realidad no la borra, sino que la reemplaza por un carácter de control). A partir de ese momento, el DOS considera que los sectores que ocupaba ese archivo están disponibles para ser utilizados por otra información, por lo que si se escribe algún dato posteriormente cabe la posibilidad de que se aloje en el espacio ocupado por el archivo borrado, por lo que éste ya no se podrá recuperar. Es por ello que siempre se recomienda "deborrar" un archivo lo más rápidamente posible, para evitar su destrucción por una nueva información.

En el caso de Windows 95 (98), para evitar que el usuario pase por este proceso de recuperación, se ha incorporado un recurso emulado del sistema operativo ***System de Macintosh: el Trashcan***. Este utilitario es como una ***"papelera"*** virtual, hacia donde se envían todos los archivos borrados. Y al igual que sucede en una oficina con el cesto de papeles, donde podemos ***"rescatar"*** algún documento desechado, se pueden desborrar los archivos que hayan sido eliminados.

En el caso de Windows 95, este utilitario se llama ***"Papelera de Reciclaje"*** y también permite recuperar archivos aunque se hayan efectuado operaciones de escritura en el disco duro, pues el programa los protege, lo que no sucede en MS-DOS y Windows

3.1. Claro está, siempre que no haya dado previamente la orden VACIAR LA PAPELERA DE RECICLAJE, caso en el que se pierden irremediablemente los archivos, aunque cabe mencionar que existen utilitarios que permiten rescatar la información incluso en esas circunstancias.

Utilitario para desformateo de disquetes

Un tipo de programa que también tiene una función de recuperación, pero con disquetes que han sido formateados accidentalmente, es el Unformat de DOS, el cual permite recuperar la información siempre y cuando no se haya colocado el modificador /U en la sintaxis de la línea de comandos.

Para lograr esta posibilidad, cada vez que se ejecuta el comando FORMAT (el incluido a partir de la versión 5.0 de MS-DOS), antes de proceder el formateo del disquete el programa verifica primero si no posee información; en caso afirmativo, hace una copia de la FAT, para lo que graba una copia de ésta en otro lugar del disco, de tal manera que si más adelante el usuario desea recuperar la información ahí contenida, simplemente invoca el comando UNFORMAT (unidad), con lo que este utilitario rescata el archivo de control, reconstruye la FAT y, en la mayoría de casos, recupera la información previamente borrada sin daño alguno.

Utilitarios para rescate de información en casos graves

Existen casos de pérdidas de información que escapan al poderío de Undelete y Unformat. Sin embargo, hay utilitarios especializados que permiten la recuperación de datos en casos realmente graves, como la destrucción de la tabla FAT y de su copia, la pérdida de la tabla de partición, daños en el disco duro, etc.

Entre estos utilitarios podemos citar el Rescue de All Micro, el Drive Wizard de Learning Curve y algunos otros programas especializados en el diagnóstico de computadoras, así como algunas de las herramientas incluidas en programas integrados como Norton Utilities como el NDD o el Calibrate.

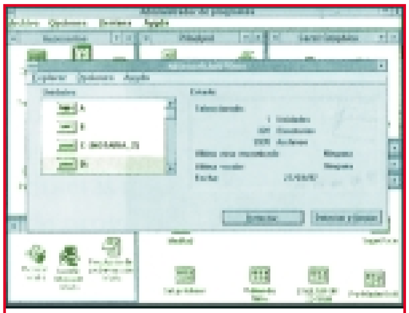


Fig. 22

ANTIVIRUS

En estricto sentido, los utilitarios antivirus no recuperan información, sino que la protegen al evitar que los virus informáticos destruyan los archivos; es decir, los detectan y los eliminan antes de que realicen su labor.

Al igual que otros utilitarios, los programas antivirus fueron durante mucho tiempo diseñados y producidos por compañías independientes, que los ofrecían a los usuarios ya sea en el concepto de shareware o como programas comerciales; sin embargo, a partir de la versión 6.0 de MS-DOS, Microsoft incorporó un antivirus en dos versiones: una para DOS (MSAV) y otra para acoplarse al subsistema Windows (MWAV). Figura 22.

Estos programas son muy efectivos pero tienen un gran inconveniente, pues constantemente surgen nuevos virus, que hacen que estos utilitarios rápidamente se rezaguen, con lo que disminuye su confiabilidad. Y aunque Microsoft ha tomado una serie de medidas para brindar actualizaciones, en la práctica muy pocas personas se apegan a estas disposiciones.

Además de estos programas, hay muchos utilitarios antivirus, desde las de tipo shareware hasta las profesionales. Entre las que podemos citar como recomendables están las siguientes: Doctor Solomon, AntiVirus Anyware, Norton Antivirus, McAfee VirusScan, PC-Cillin y ThunderByte. Algunos de estos programas se pueden conseguir en versión limitada en Internet, con lo que se tiene la ventaja de que siempre se puede contar con las últimas versiones, lo que brinda una gran seguridad.

PROGRAMAS INTEGRADOS

En la práctica, lo más útil es disponer de programas que integren utilitarios para las diversas necesidades: información del sistema, diagnóstico, optimización y recuperación de información. Sin embargo, no existe un programa que cubra todas las necesidades, pero sí algunos muy completos que pueden satisfacer múltiples necesidades.

Entre este tipo de programas integrados podemos citar Norton Utilities de Symantec, PC Tools de Central Point —que recientemente ha sido adquirida por Symantec— CheckIt Pro, WinCheckIt de Touchstone y QA Plus de DiagSoft
.

También hay programas avanzados que incluyen además del software respectivo, elementos de hardware que hacen mucho más efectiva la tarea de prueba y localización de fallas. Algunos de estos programas incluyen tarjetas de diagnóstico POST, loopbacks para comprobar los puertos I/O del sistema, métodos para comprobar la disposición de los IRQ's y DMA's, etc.

Estos utilitarios suelen ser muy costosos, aunque se justifica su compra, sobre todo si piensa dedicarse profesionalmente a la reparación y mantenimiento de computadoras personales.

Buenos ejemplos de estos programas son MicroScope de Micro 2000 Inc., o los diversos utilitarios producidos por MicroHouse (sus enciclopedias de discos duros y tarjetas son las mejores fuentes de referencia para el técnico). También son recomendables algunos elementos de Data Depot, como tarjetas POST o identificadoras de IRQ's y DMA's entre otras herramientas.

El CD Complementario

Para cubrir las necesidades básicas del especialista, hemos preparado un disquete en el que incluimos una serie de utilitarios del tipo shareware. El autor las ha probado y comparado exhaustiva y favorablemente con respecto a programas comerciales y éstos, aunque tengan más alcance llegan a ser muy costosos. Para indagar sobre los utilitarios que ha recibido, consulte el manual que se incluye con cada uno (por lo general, un archivo de texto con el mismo nombre del programa, pero con extensión **DOC o TXT**). Pero como tales documentos vienen en inglés, para facilitar su aplicación, hemos incluido un archivo llamado **LEAME.BAT** en el que se da una breve descripción de los alcances de cada programa. El valor de este CD es de $25, pero presentando el cupón de página 338, Ud. puede adquirirlo en nuestras oficinas por sólo $8 (puede enviarnos un giro postal a nombre de Editorial Quark SRL por $8 junto con una fotocopia de esa página y estampillas para gastos de correo y le enviaremos el disquete a su domicilio).

Norton Utilities

El conjunto de utilitarios diseñados originalmente por ***Peter Norton***, constituyen los programas de prueba, diagnóstico, rescate y protección de información más conocidos en el mundo de las PC, incluso ya hay versiones para la plataforma Macintosh, donde al parecer se están convirtiendo en estándar. Este programa integrado ha evolucionado desde una versión básica, que apenas incluía un desborrador de archivos y algunas otras herramientas auxiliares, hasta las nuevas versiones en que se combinan utilitarios muy diversos.

La versión 8.0 y posteriores tienen la ventaja de que el programa ha sido traducido totalmente al español. La instalación se realiza desde cuatro disquetes y en total ocupa cerca de 10MB en el disco duro. Para tener una rápida descripción de cada uno de estos utilitarios, ejecute el comando **NORTON**. Debe aparecer una pantalla como la mostrada en la figura 23; observe que se han dividido los distintos utilitarios en varios grupos, según el uso específico que se les dé. A continuación se presenta un breve resumen de estas clasificaciones y de los alcances de los programas incluidos en cada una.

RECUPERAR

Como lo indica el nombre, este paquete permite recuperar, ya sea información o acceso a algún archivo o dispositivo de la computadora. Probablemente el título resulte un tanto confuso, sobre todo considerando que uno de los utilitarios aquí contenido pertenece más al tipo de diagnóstico que al de recuperación; sin embargo, así ha sido clasificado por Symantec. Dentro de este apartado encontramos los siguientes utilitarios.

- ***Norton Diagnostics (NDIAGS)*** Es el programa de diagnóstico de los Utilitarios de Norton; permite realizar diversas pruebas a los componentes de una computadora típica. Es considerado como uno de los mejores programas de diagnóstico para apoyar el servicio a PC (figura 24).
- **Norton Disk Doctor (NDD) -** Este utilitario, fundamental para el servicio a computadoras, realiza varias pruebas a unidades de discos flexibles y a discos duros, determina la integridad de los datos contenidos en éstos (figura 25). Explorando la superficie magnética, detecta y corrige posibles errores en sectores dañados o débiles. Con este programa es posible encontrar y reparar cadenas de archivos destruidas, etc. Por su importancia, es conveniente aprender a utilizarlo en toda su capacidad, pues se trata de una versión más completa que la Scandisk de DOS.
- **Disk Editor (DISKEDIT) -** Brinda acceso a la información contenida en un disquete o en un disco duro. Su gran ventaja es que permite leer y escribir directamente en cualquier sector, cilindro, cabeza y unidad, incluso en aquellos sectores que no son reconocidos por el DOS. Es efectivo en la localización de archivos en discos duros o disquetes aparentemente dañados y para ver y editar datos grabados en código hexadecimal (posee un editor HeX muy versátil). No se trata de un utilitario para experimentar, así que utilícelo sólo si está seguro de que lo necesita y de que sabe lo que va a hacer. Es conveniente practicar con éste en disquetes con información poco importante, así cuando llegue el momento de utilizarlo para rescatar información, ya tendrá la experiencia necesaria.
- **Disk Tools (DISKTOOL) -** En este programa se combinan cuatro utilitarios que permiten crear discos sistema; recuperar archivos de manera similar a Undelete del DOS; **"revivir"** discos que comienzan a mostrar fallas en la lectura

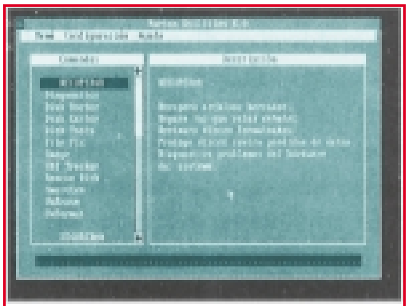


Fig. 23

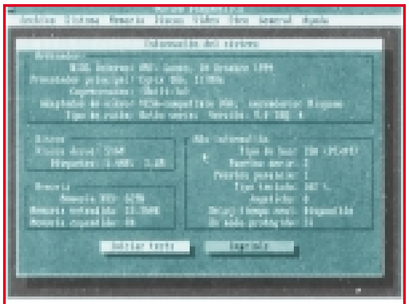


Fig. 24

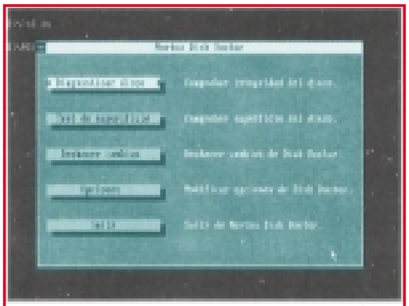


Fig. 25

de su información y localizar y marcar clusters como defectuosos o como correctos, dado el caso.

- **File Fix (FILEFIX) -** Con este utilitario es posible "arreglar" archivos dañados en algunos de los formatos más populares en computadoras PC como los generados con Lotus 1-2-3, dBase y otros.
- **Image (IMAGE) -** Con este programa, se toma una "fotografía instantánea" del contenido del disco duro (en realidad, lo único que se rescata es la tabla **FAT**) y se almacena como un archivo oculto al final del área de almacenamiento del disco. Si ocurre algún problema que dañe estos índices —una falla en la energía o un ataque de virus—, con esta imagen se puede reconstruir y recuperar el acceso a casi toda la información almacenada en el disco duro.
- **INI Tracker (INITRAKD) -** Con este utilitario se hace una copia de todos los archivos de configuración importantes, tanto de DOS como de Windows (AUTOEXEC.BAT, CONFIG.SYS, WIN.INI, SYSTEM.INI, etc.). Si alguno de estos archivos se pierde o es eliminado por error, se podrá rescatar las imágenes guardadas.
- **Rescue Disk (RESCUE) -** Con este programa se crea un ***"disco de rescate"*** que contiene los archivos sistema para el arranque, los principales archivos de configuración y una imagen de las FATs del disco duro. Le recomendamos que prepare un disco de rescate para cada computadora a la que brinde servicio y que lo entregue al propietario; tendrá futura protección en posibles pérdidas.
- **Smart Can (SMARTCAN) -** Al ser activado, este programa crea una especie de papelera tipo Macintosh o Windows 95 (98). Por lo tanto, cada vez que se le indique al sistema que borre un archivo, en vez de eliminarlo, lo enviará hacia la papelera para que sea posible recuperarlo posteriormente aunque se hayan hecho múltiples escrituras en el disco duro, característica que no ocurre con el Undelete de DOS.
- **UnErase (UNERASE) -** El programa desborrador de archivos, incluido en los utilitarios del Norton, realiza un trabajo similar al Undelete, aunque este utilitario tiene funciones que en DOS no se pueden hacer; por ejemplo, cuando éste registra que un archivo ha sido parcialmente sobrescrito, ya no permite el desborrado, mientras que el UnErase sí permite rescatar información fraccionada, por lo que se puede recuperar un buen porcentaje de un archivo de trabajo.
- **UnFormat (UNFORMAT) -** Por medio de este programa podemos ***"desformatear"*** un disquete que haya sido formateado por error, e incluso recuperar la mayor parte de la información de un disco duro, siempre y cuando se le haya aplicado recientemente el utilitario Image. Por esta razón, al instalar Norton Utilities en el disco, siempre coloque la orden IMAGE en el AUTOEXEC.BAT, así garantiza la presencia de una imagen reciente.

SEGURIDAD

En este apartado se incluyen utilitarios cuyo objetivo es proteger la información ya almacenada de la vista de terceras personas o del ataque de virus, al menos parcialmente. Los programas reunidos son:

- **Disk Monitor (DISKMON) -** Este programa monitorea la actividad del disco duro e impide escrituras no autorizadas, ya sea por parte de usuarios no deseados o por programas hostiles como determinados virus.
- **Diskreet (DISKREET) -** Por medio de este utilitario es posible aislar un archivo, un directorio o todo un disco duro, para que personas no autorizadas —que no sepan la contraseña— no puedan tener acceso a estos datos. Puede crear varios discos virtuales (cada uno con su contraseña particular), de modo que diversos usuarios puedan compartir una máquina común y a la vez tengan privacidad en sus documentos.
- **Wine Info (WINPEINFO) -** Este utilitario borra por completo un archivo, sobreescribiendo un patrón de caracteres en los sectores del disco que ocupaba, de este modo, ningún programa para desborrar archivos puede recuperar la información así eliminada. Es ideal para evitar que personas no autorizadas puedan rescatar información delicada y que supuestamente ya ha sido borrada de un disco.

ACELERAR

En este apartado se han reunido varios utilitarios que permiten mejorar el desempeño del sistema. Tales programas son:

- **Calibrate (CALIBRATE) -** Este utilitario mide el desempeño de las unidades de disco duro y calcula si es posible mejorar su actividad modificando algunas características internas, especialmente el entrelazado de sectores. Con esta aplicación, en algunos casos, se puede reconstruir tablas de particiones perdidas o resolver problemas que en ocasiones burlan las técnicas de recuperación del Norton Disk Doctor.
- **Norton Cache (NCACHE) -** Este programa crea un bloque de intercambio entre el disco duro y el microprocesador; para esto emplea la memoria RAM con el objeto de acelerar el acceso a la información que los programas requieren durante su ejecución. Podemos decir que su utilidad es semejante a la del SMARTDRV de DOS, aunque Norton Cache ofrece mejores resultados.
- **Speed Disk (SPEEDISK) -** Este es el defragmentador de disco incorporado en los utilitarios de Norton. El programa Defrag de MS-DOS 6.0 y superior, es sólo una variante reducida y más lenta de este programa. De hecho, el Speed Disk incluye más opciones que lo hacen considerablemente más efectivo en su diagnóstico. Su característica de ***"explorar***

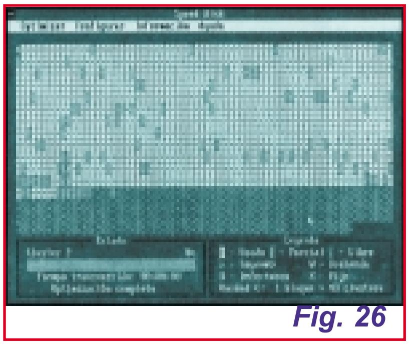


Fig. 26

mapa", resulta invaluable en ciertos casos (figura 26).

UTILIDADES

Este es el apartado final. Como su nombre lo indica, son programas que pretenden facilitar la interacción entre el usuario y la máquina.

- **Configuración (NUCONFIG) -** Por medio de este programa, los utilitarios se configuran según el gusto del usuario, ya sea en color, modo de despliegue, etc.
- **Directory Sort (DS) -** Despliega la información del contenido de un directorio, pero en forma más ordenada que DIR de DOS; de hecho, posee varias opciones superiores a las de DIR.
- **Duplicate Disk (DUPDISK) -** Duplicador de discos más rápido y efectivo que el comando DISKCOPY de DOS.
- **File Attributes (FA) -** Modificador de los atributos de archivos, semejantes al ATTRIB de DOS.
- **File Date (FD) -** Permite modificar la fecha y hora registrada en un archivo.
- **File Find (FILEFIND) -** Buscador de archivos que explora todas las unidades de la máquina, incluso discos en red.
- **File Locate (FL) -** Se trata de otro localizador de archivos.
- **File Size (FS) -** Determina el tamaño de un archivo, un directorio o un grupo de directorios.
- **Norton CD (NCD) -** Es sustituto del comando CD de DOS, aunque más flexible y poderoso.
- **Safe Format (SFORMAT) -** Formateo seguro con el que es más sencillo recuperar la información del disco en caso de formateo accidental.
- **System Info (SYSINFO) -** Programa de información diversa sobre el sistema. Este utilitario es semejante al SYSCHK que se mencionó en el capítulo anterior, aunque con más opciones. Este programa puede brindar suficiente información sobre el sistema para tener un punto de partida adecuado en las labores de diagnóstico (figura 27).

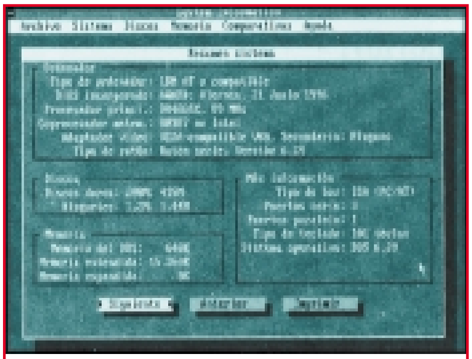


Fig. 27

Norton para Windows 98 y Milenium

En la Utilities de Norton para Windows 98 —que también están traducidas al español— se han suprimido diversos programas que estaban presentes en la versión 8.0 para DOS, pero añadiendo otras que se adaptan mejor al ambiente gráfico de Windows 98. En la figura 28 podemos ver el listado que aparece después de una instalación convencional del programa. Veamos brevemente la aplicación de cada una.

- **Asistente Space -** Por medio de este utilitario es posible eliminar archivos inútiles en el sistema, con el objeto de recuperar la mayor cantidad posible de espacio en disco duro. Este programa revisa la papelera en busca de archivos muy viejos, rastrea el disco buscando archivos repetidos, etc., pero antes de eliminar cualquier información solicita la autorización del usuario para evitar borrar datos importantes.
- **Asistente UnErase -** Esta es la adaptación para Windows 98 del famoso programa desborrador de archivos de Norton. La ventaja de este utilitario es que no sólo puede recuperar datos previamente borrados y que aún estén guardados en la papelera, sino que puede rastrear el disco duro para recuperar archivos que incluso ya se hayan eliminado de la propia papelera, lo que da más versatilidad al programa.
- **Disk Editor -** Versión para este sistema operativo el Disk Edit de los utilitarios de Norton para DOS. Al igual que su contraparte en DOS, es capaz de leer sector por sector de un disco, recuperando datos incluso de zonas que el sistema operativo ya no reconoce.
- **Información del sistema -** Equivalente al SYSINFO de la versión 8.0, sólo que aprovecha las ventajas del ambiente gráfico Windows 98. Presenta una serie de carpetas donde es posible consultar datos generales sobre el sistema (CPU, memoria, discos, puertos y otros), así como información específica sobre video, impresoras, memoria, discos, dispositivos de entrada, multimedia, Internet y redes.

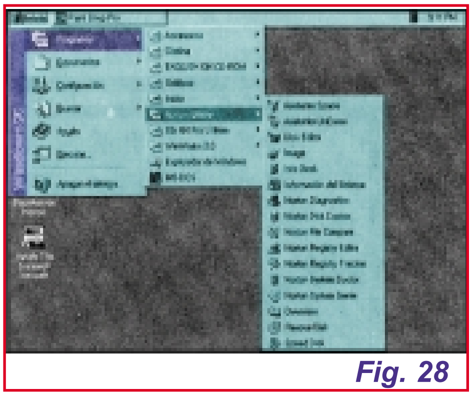


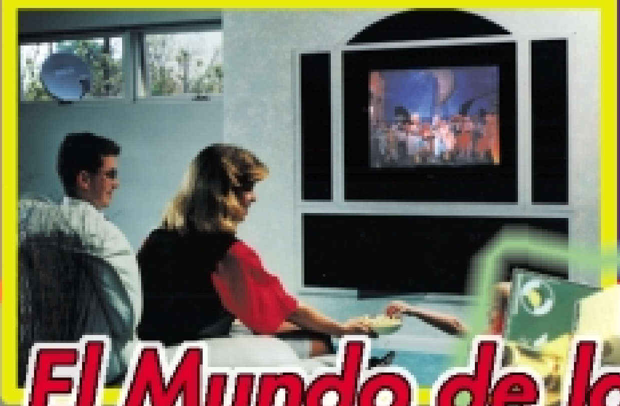
Fig. 28

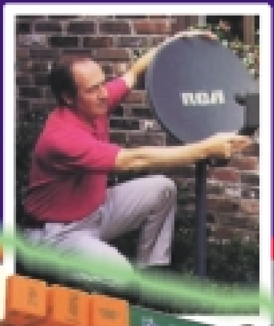
Recordamos que, si desea más información para aprender a reparar computadoras, puede consultar la obra: ***"Todo Sobre Computadoras"***, de esta editorial. **********************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron extraídos de la revista Electrónica y Servicio, del Centro Japonés de Información.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo





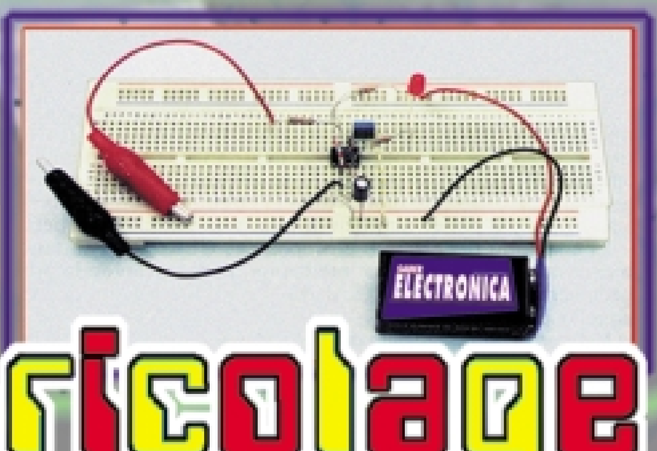
23

El Mundo de la Electrónica

Comunicaciones Vía Satélite

Composición de un Sistema de Recepción de TV Satelital

SABER
EDICION ARGENTINA
ELECTRONICA


SABER
ELECTRONICA

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 23

COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

Introducción........................355
Los radioenlaces.................356
La solución satelital 356
Zona de cobertura 357
Recepción de imágenes desde una PC 358
Cómo hacer la captura ...359
Equipo necesario para la captura...........................359

COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE RECEPCIÓN DE TV SATELITAL

Reflector parabólico 364
Palanca posicionadora 364
LNB.......................................364
Alimentación del sistema .364
Los diferentes cables.........364
Reflector...............................365
Desencriptador 365
Las antenas para recepción 366
Unidad exterior..................368
Conversosr de bajo ruido .368

Cupón Nº 23
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ______________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 23

Comunicaciones Vía Satélite

INTRODUCCIÓN

Nos imaginamos que ya debe saber que el espacio exterior a nuestro planeta es la frontera final del hombre. También, seguramente, alguna vez haya visto películas o fotos de cohetes, astronautas o satélites. Sin ir más lejos es enorme la cantidad de publicaciones que existen sobre este amplio tema, claro está, sin contar con lo que es conocido con el nombre de "ciencia ficción", que si bien entra en el mundo de la fantasía, dentro de pocos años ya no será meramente imaginación de un puñado de escritores.

El prólogo a la astronáutica moderna se genera hace cincuenta años y no precisamente en un hecho agradable. En efecto, la II Guerra Mundial fue la que dio origen a la capacidad del hombre de poder fabricar cohetes que pudiesen llevar en su interior artefactos espaciales. En ese oscuro principio (como también hoy) está claro que lo que llevaban eran explosivos, pero afortunadamente la evolución hasta nuestros días hace que existan una enorme cantidad de aplicaciones alejadas de estas primeras. Inclusive ya existen naves espaciales capaces de poder despegar de la superficie de la Tierra, llegar al espacio, realizar una tarea y luego retornar a su punto de origen (recuerde la estación espacial que es frecuentada por naves que salen de la tierra periódicamente).

Son muchas las aplicaciones de las ciencias espaciales, y progresivamente las iremos explicando. Tal como le mencionamos, la utilización práctica en gran escala de cohetes parte de un hecho lamentable, pero en realidad desde principios de la década del '20 ya existían experimentadores en varios países del mundo. En esos años el profesor R. Goddard ya trabajaba sobre cohetes cuyo combustible era de tipo líquido. Quisiéramos aclararle que la posibilidad de elevar una carga mediante un cohete se conoce desde hace siglos (los chinos ya lo hicieron hace muchísimos años), pero el combustible (o propelente) a utilizar siempre era de tipo sólido. Mientras Goddard trabajaba (en los Estados Unidos), otros científicos e investigadores hacían lo propio en sus respectivos países. Tal es el caso de W. von Braun en Alemania y de Konstantin Tsiolkovsky en Rusia.

Sesenta años después, la evolución ha sido extraordinaria. El principio básico de funcionamiento de un cohete portador de una carga determinada es muy simple: el de *ACCION y REACCION* (figura 1). Por la figura se dará cuenta que la carga útil es mínima en comparación con el peso y las dimensiones del vehículo que la lleva. En efecto, debido a la gravedad de la Tierra, es enorme la potencia que debe generarse para poder vencerla y así salir hacia el espacio.

El primer satélite artificial de la Tierra fue ruso. El ya famoso SPUTNIK lanzado en 1957. A partir de ese año se desató una verdadera carrera entre las potencias mundiales para lograr la primacía en esta materia, llegándose así a nuestros días en los que no son solamente los países más avanzados los que pueden fabricar estos aparatos espaciales (y sus portadores) sino también otros de recursos muchos menores. Tal es el caso de la India, Brasil y por supuesto también la ***República Argentina.***

Fig. 1

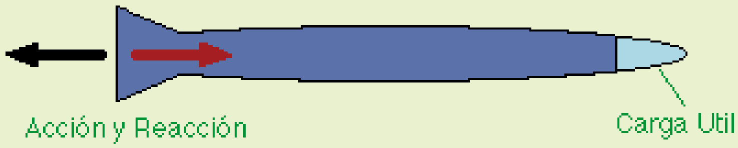
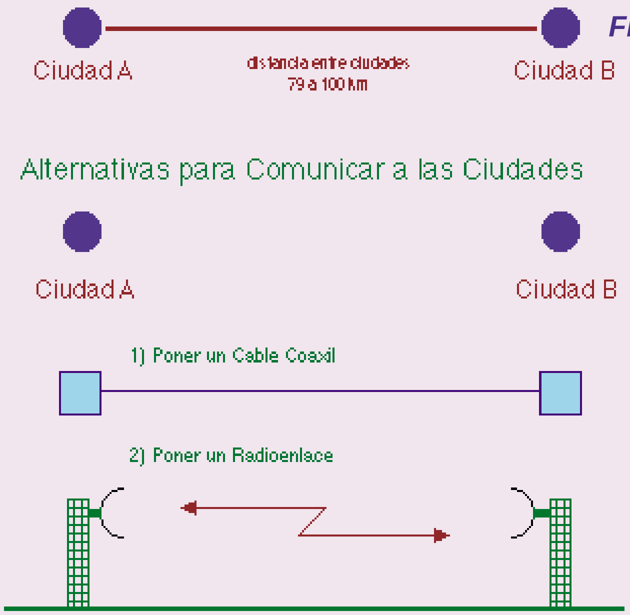


Fig. 2



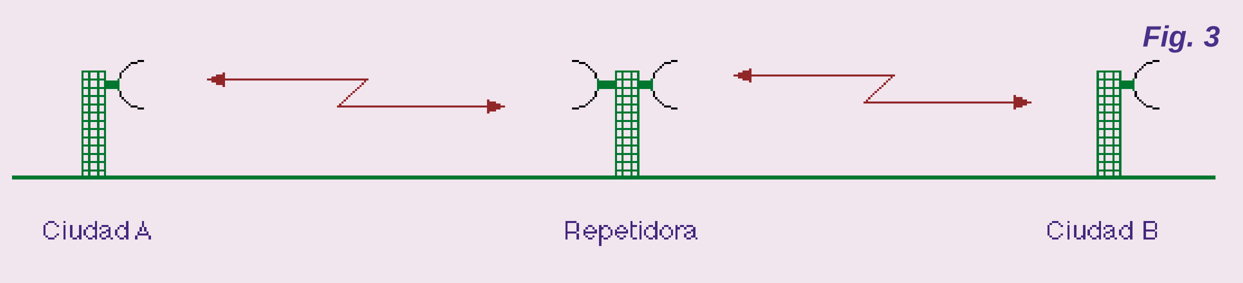


Fig. 3

Los Radioenlaces

Supongamos que queremos establecer una comunicación entre dos ciudades separadas entre sí por una determinada distancia (figura 2). Podríamos hacerlo a través de la colocación de un cable o por medio de lo que se llama un radio-enlace. Un ejemplo de la colocación de un cable lo configura en nuestro país el cable que vincula la ciudad de Rosario y nuestra capital. En efecto, es un cable denominado CABLE COAXIL. En un radioenlace la voz humana se transforma en una señal eléctrica, luego esa señal eléctrica es transmitida a través del éter como una onda electromagnética. Esa onda se genera (por medio de equipamientos especiales) en la ciudad "A" y se recibe en la ciudad "B". Ya habrá podido observar en números anteriores que existen diferentes gamas de frecuencias para poder realizar esta tarea, y también diferentes tipos de servicios (telefonía, télex, televisión, etc.).

Existe en particular una gama especial de frecuencias para poder "transportar" muchas comunicaciones simultáneas desde una de las ciudades a la otra... pero lo que sucede es que el alcance se ve bastante limitado: aproximadamente unos setenta a cien kilómetros (dependiendo de varias cosas que ya le explicaremos). Esto sucede porque el comportamiento de las ondas electro-magnéticas es muy parecido al de la luz. Es fácil darse cuenta que por más potente que sea una lámpara puesta en la ciudad "A" siempre tendrá un alcance determinado (suponiendo que no hay obstáculos en el medio de su recorrido).

¿Qué solución le podemos dar a este problema?

La solución es colocarle un dispositivo que tome las señales débiles, las refuerce y luego las vuelva a emitir. Esto se llama REPETIDORA (figura 3). Así se puede cubrir una distancia enorme... y en definitiva es lo que se usa en muchos países del mundo.

Lo que nos podemos preguntar es:

¿Cuántos kilómetros de radioenlaces necesitamos para poder cubrir un país como por ejemplo Holanda?

Bien, es un país de poca extensión territorial... así es que nos podemos responder que tal vez no muchos radioenlaces (con sus correspondientes repetidoras). Imagínese que difícilmente tengamos que recorrer quinientos kilómetros desde una frontera a la otra. Ahora bien, tratemos de imaginarnos cuántas repetidoras debemos colocar para poder comunicar La Quiaca (en el norte de nuestro país) con la ciudad de Usuhaia (la ciudad más austral del mundo). Considerando que existen casi tres mil kilómetros entre una y otra podemos hacer la cuenta:

3000 / 70 = 42,8

O sea prácticamente cuarenta y tres veces deberemos repetir la señal para poder establecer una comunicación por ejemplo de tipo telefónica. Es claro que en línea recta y suponiendo que no existen obstáculos naturales infranqueables en el medio (no podríamos colocar repetidoras para comunicar el Sector Antártico Argentino, de resultas que el estrecho de Drake tiene mucho más de la distancia que le hemos señalado como máxima para poder colocarla).

Aun así, como le contamos, todos los países del mundo hacen uso de radioenlaces para vincular sus ciudades entre sí, y es claro que el nuestro no es la excepción.

La Solución Satelital

¿Qué podría pasar si colocamos el REPETIDOR del que hemos hablado en órbita alrededor de la Tierra? Todos sabemos que la Tierra no solamente se traslada a lo largo de su órbita sino también que gira alrededor de su eje. La órbita de la Tierra es una elipse (el Sol uno de sus focos) y pasa por el mismo punto una vez cada año. Al mismo tiempo gira sobre sí misma una vez cada día. Como hemos dicho que los haces radioeléctricos se comportan como la luz nos podemos dar cuenta de que su trayectoria es recta. Si colocamos el repetidor en órbita alrededor de la Tierra deberá girar a la misma velocidad angular que ésta, de lo contrario la Tierra giraría con una velocidad diferente que la del repetidor (o viceversa). Sería muy complicado poder comunicarse. Un observador terrestre vería que el repetidor no queda fijo en un punto del firmamento sino que "pasa de largo" hasta desaparecer en el horizonte.

Nos ahorramos muchos problemas si logramos colocar el repetidor en tal forma ***QUE GIRE A LA MISMA VELOCIDAD QUE LA TIERRA***. Y de eso se trata, justamente un satélite de comunicaciones: es un mero repetidor de ondas (señales) electro-magnéticas. Desde una estación terrestre se transmiten señales, el satélite las capta, las refuerza y las vuelve a emitir nuevamente hacia Tierra.

En 1945 un científico llamado Arthur C. Clarke se dio cuenta de que se podría cubrir toda la superficie de la Tierra con solamente tres repetidores colocados a una cierta distancia de la superficie (figura 4). Es decir que los repetido-

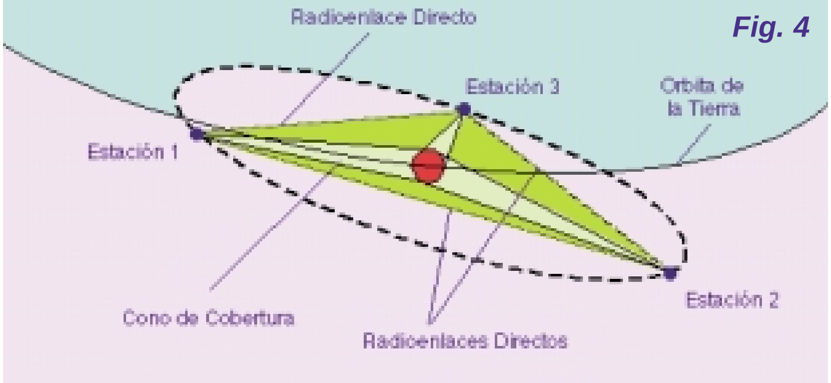


Fig. 4

res (satélites) "ven" desde esa posición una parte del casquete terrestre. Colocando solamente tres podríamos cubrir TODA LA SUPERFICIE DEL PLANETA. Los primeros satélites artificiales no giraban en concordancia con la Tierra (tal es el caso del primero que le mencionamos: el SPUTNIK ruso de 1957).

Tampoco (en este caso) eran "repetidores" de ningún tipo sino que, como eran los primeros pasos, sencillamente irradiaban una sola señal suficiente como para saber en tierra que estaban ahí, es decir en el espacio. Tal como le hemos mencionado la evolución de estas tecnologías ha sido enorme.

Hoy en día los satélites artificiales de la Tierra son muchísimos, y pueden reirradiar a la vez miles de canales telefónicos, varios de televisión y hasta avisar a los controles centrales cuáles son las partes propias que funcionan bien y cuáles no lo hacen.

Se dará cuenta de que colocar en órbita un satélite no es barato.

Más todavía en los primeros años de utilización de estas tecnologías. Por eso, cuando se colocaron los primeros artefactos, los países se unieron par formar consorcios que pudieran operar y explotar sistemas satelitales de telecomunicaciones.

Así nació la primera asociación de naciones que se llama ***INTELSAT*** (por INternational TELecomunication SATellite). Es una asociación de países (del cual la Argentina es miembro) y que fabrica sus satélites, los coloca en órbita y luego los explota, es decir que vende sus servicios a sus miembros.

ZONA DE COBERTURA

La COBERTURA DE UN SISTEMA SATELITAL es la zona geográfica en la cual el sistema es posible de ser usado. Ya le hemos explicado que las ondas electromagnéticas se propagan en línea recta, y que el satélite repite exactamente lo que le es enviado desde tierra. Una buena pregunta es ***¿cómo devuelve lo que le llega?*** Ya sabemos que refuerza las señales (por eso es un repetidor), pero nos queda saber cómo (en qué forma) realiza esa devolución. Pues bien, lo hace de acuerdo a una forma ya pre-establecida, es decir que al diseñar y construir un satélite ya está pensada cuál será el área geográfica que cubrirá. Es solamente esa área en la que el satélite sirve para su uso.

En la figura 5 le explicamos gráficamente este concepto de AREA DE COBERTURA.

Queremos insistir en el hecho de que el repetidor (que desde ahora en adelante llamaremos SATELITE) gira en plena concordancia con la Tierra. Por esa razón se los llama satélites GEOSINCRONICOS, el prefijo GEO por la Tierra y SINCRONICO porque, como le explicamos, el movimiento relativo se realiza al unísono. Reconocemos que es un poco difícil entender cómo es eso de poner un satélite artificial de la Tierra a girar en el medio del espacio en concordancia con ella. La respuesta es simple: desde una distancia determinada el satélite puede "bañar" con sus señales todo un territorio determinado (su COBERTURA), y es precisamente desde cualquier punto de su cobertura que podremos comunicarnos con cualquier otro. En la figura 5 le mostramos gráficamente esta explicación que le damos. Aparte queremos hacerle notar que para que el satélite y la Tierra giren con la misma velocidad la distancia a que debe estar el primero es de 36.000 km (contados desde la superficie). Esa órbita tan particular se denomina ***ORBITA GEOSINCRONICA***, aunque a veces se llama CINTURON DE CLARKE (en honor al científico que le contáramos más arriba).

En cuanto al concepto de AREA DE COBERTURA en la figura 6 le mostramos diferentes formas de poder cubrir la República Argentina. Esto se consigue mediante las llamadas ***"imágenes satelitales"***, de las cuales nos ocuparemos luego.

Estos perfiles son la forma en que la radiación del satélite llega a la Tierra. Como le dijéramos anteriormente, el comportamiento de las ondas electromagnéticas (o sencillamente ondas a secas) es enormemente parecido al de la luz, y es por eso que en realidad ocurre que hay zonas en que la intensidad del haz que proviene del satélite es mayor (en el centro),

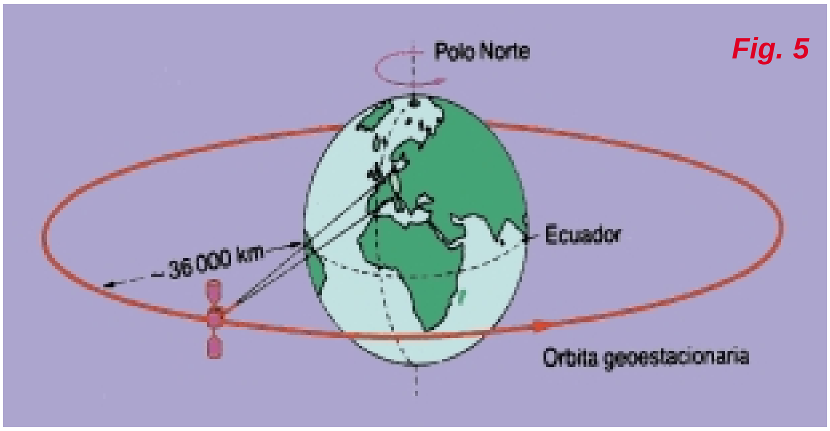


Fig. 5

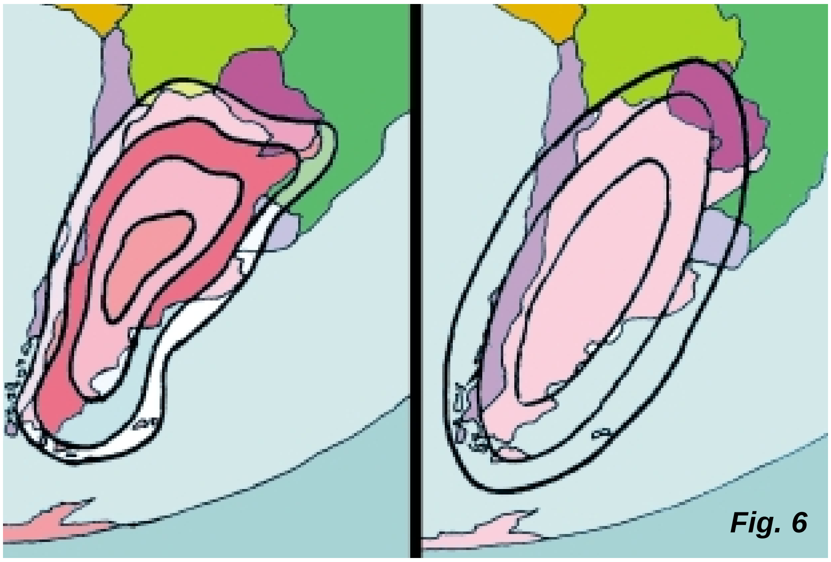


Fig. 6

mientras que en otras es menor (en los borde). Por eso se representan varios "perfiles" concéntricos.

Vea en la figura 7 una imagen enviada por un satélite del continente europeo, parte del africano y parte del asiático, obtenida el 23 de julio de 1999 a las 11:30 hs. (momentos en los cuales estaba dándole la última revisión a esta nota); se trata de una imagen real, tal como es enviada via satélite, tomada por la cámara de un equipo meteorológico.

Generalmente, un buen radioaficionado posee su equipo de comunicaciones de VHF y el conocimiento técnico para rastrear y sintonizar las imágenes climáticas.

En los '70, Magazine 73 publicó el Manual de Satélites Climáticos por Ralph Taggart, WB8DQT, una biblia para los aficionados a estos satélites.

Por supuesto, algunos de los dispositivos de hardware que presenta esta edición ya están desactualizados pero el libro sigue siendo imprescindible por la excelente información satelital que contiene.

El cambio más importante de los últimos años es la influencia de las PCs.

Generalmente, los radioaficionados construimos constantemente equipos demoduladores de datos de todo tipo, incluidos demoduladores para señales satelitales. Por ejemplo, hace 15 años era común convertir una máquina de fax (recuerdo haber destruido dos equipos que en esa época eran costosísimos) o un receptor de TV en dispositivos de pantalla para mostrar la imagen captada.

Con los monitores de PCs capaces de desplegar excelentes imágenes a un costo razonable, los radioaficionados abandonaron su búsqueda. Los demoduladores de hardware también son muy económicos. Muchas compañías ofrecen plaquetas plug-in que hacen todo el trabajo.

Sin embargo, y con ánimos de “no caer” en una publicidad encubierta, no daré nombres de placas de catura para comunicaciones, dado que el “dar marcas” me ha traído varios dolores de cabeza, especialmente por parte de

RECEPCIÓN DE IMÁGENES DESDE UNA PC

Con un receptor de VHF, una antena de 2 metros y una PC se pueden rescatar señales de satélites climáticos en órbita y desplegar las imágenes en la pantalla (tal como la que mostré en la figura 7). Es tan sencillo recibir las imágenes de los satélites que operan en frecuencias de VHF como escuchar una emisora local.

El 1º de abril de 1960, la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) lanzó el primer satelite climático polar, el TIROS-1. Tres años después de este histórico lanzamiento, el 21 de diciembre de 1963, el lanzamiento del TIROS VIII posibilitó que las imágenes fueran recogidas por satélites directamente disponibles para cientos de estaciones de tierra. Muchas de estas estaciones eran de operadores radioaficionados.

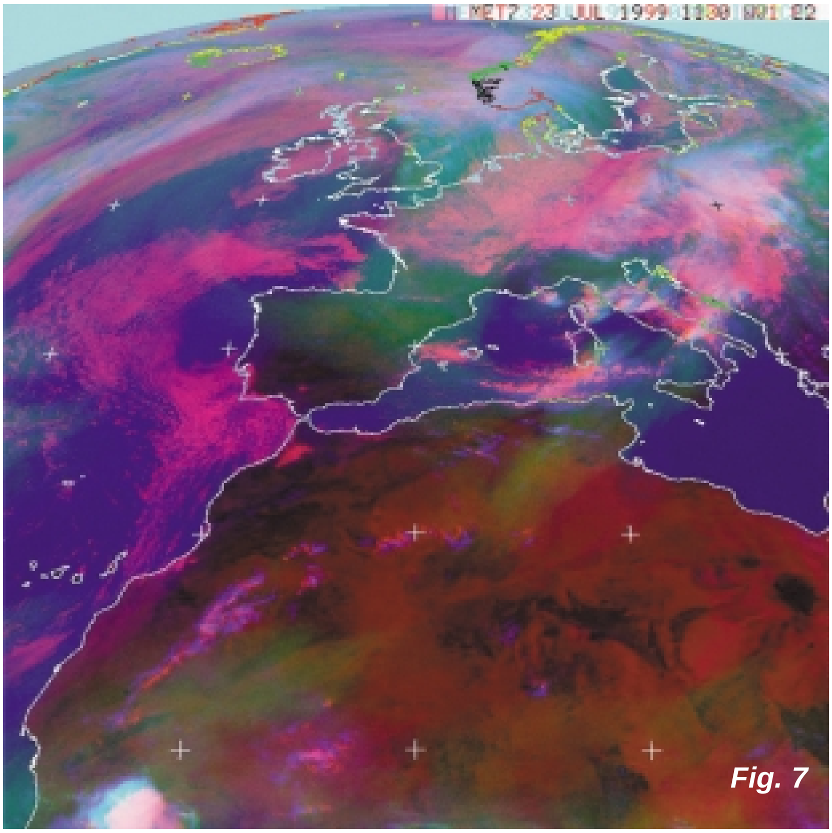


Fig. 7

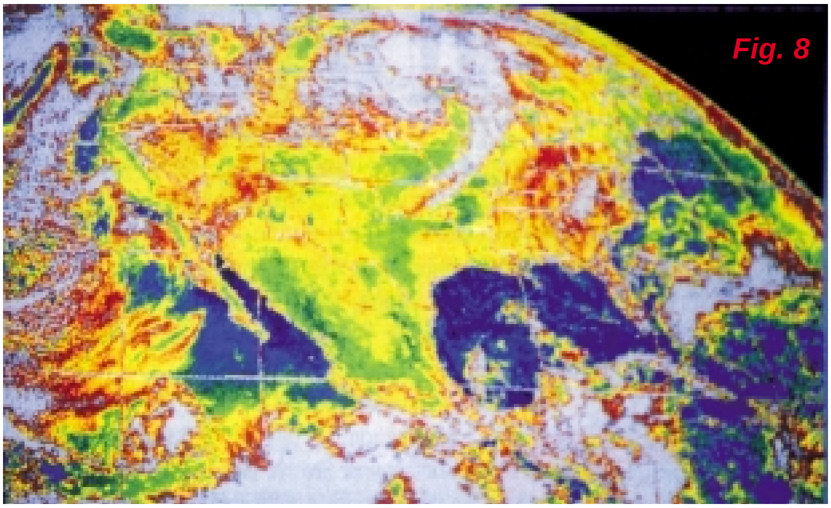


Fig. 8

aquellos que creen que recomiendo un producto cuando en realidad lo menciono por ser con el cual estoy trabajando. De todos modos, las casas de computación tienen una oferta muy variada y con un hardware muy sencillo de apenas $70 es posible captar imágenes en la banda de VHF.

Ahora bien, para saber qué es posible “recoger de los cielos”, digamos que diariamente, muchos satélites orbitan sobre la tierra tomando fotografías continuas del planeta en una órbita que se completa cada cien minutos. La información de la imagen escaneada desde el terreno es trasmitida hacia la tierra. Esta información se puede recibir con cualquier equipo de radio que capte la señal. No requiere una sintonización o rastreos de antena complejos.

Para que tenga una idea, los orbitadores polares de la NOAA usan un transmisor de 5W para una señal de FM en las frecuencias 137,5MHz o 137,62MHz, y orbitan a una altitud de unos 650 km (no tengo la seguridad, pero sí la información de que esta potencia ha aumentado en la actualidad).

Los rusos también tienen una serie de satélites climáticos en la misma banda de frecuencia de 137MHz que usa la NOAA, y son aun más fáciles de captar ya que usan un transmisor VHF de unos 10Wpara su señal.

La señal puede ser captada con una antena anfibia pero se obtienen mejores resultados con una buena antena de VHF omnidireccional. No se necesita una antena de 137MHz, cualquier omnidireccional de 2 metros operará perfectamente ya que la transmisión no nos interesa, y por lo tanto, tampoco el VSWR.

Saber cuándo hay que escuchar es la clave para la captura de imágenes satelitales. A comienzos de los '80, para determinar si un satélite estaba pasando, tenía que dejar el equipo de comunicaciones encendido en ejecución y con un volumen relativamente alto. Cuando pasaba un satélite, la radio marcaba los 2400Hz con un beep que sonaba bastante alto (leyendo otras publicaciones pude comprobar que ha muchos nos ha sucedido lo mismo). La tecnología ha superado este problema, hay disponibles muchísimos programas de rastreo que se despliegan gráficamente en la pantalla cuando los satélites climáticos son localizados en cualquier punto de tiempo, y, lo que es aun más importante, anuncian cuándo pasará el siguiente sobre su QTH. Algunos de estos programas están disponibles como shareware y otros se comercializan.

Damos una tabla de los satélites climáticos de Rusia y EE.UU. que operaban en el momento de mis primeras investigaciones y muchos de los cuales se encuentran aún en servicio:

Orbitadores POLAR

NOAA-9:	137,62MHz
NOAA-10:	137,50MHz
NOAA-11:	137,62MHz
NOAA-12:	137,50MHz
METEOR 2-20:	137,85MHz
METEOR 3-3:	137,40MHz
METEOR 3-4:	137,30MHz

Cómo Hacer la Captura

Una vez que sepa cuándo debe escuchar, aguarde un sonido débil del beep familiar en la estática cuando el satélite se eleve por encima del horizonte. Cuando la señal se intensifique lo suficiente hasta estar libre de ruidos, inicie el programa de captura de imágenes y espere frente a la pantalla. En la misma irá apareciendo línea por línea la información del satélite. Cada línea representa 2.800 km de ancho de Este a Oeste. Si es invierno, podrá ver nieve en el piso de la imagen, o posiblemente escarcha en los ríos y lagos.

La recepción en verano mostrará el desarrollo de tormentas, o diferencias en la vegetación de acuerdo al desarrollo de las cosechas. Realmente quedo fascinado con las imágenes que aparecen en la pantalla de mi PC, como por ejemplo las imágenes de la figura 7 o la de la figura 8.

Equipo Necesario para la Captura

Muchas "radios-scanner" populares están disponibles en casas especializadas (especialmente de comunicaciones). Estos equipos cubren la banda satelital de 136 a 137MHz. Si usa un receptor-scanner, común para captar señales satelitales, la recepción no será óptima como consecuencia del bajo ancho de banda del canal de FI del equipo. El ancho de banda de FI (frecuencia intermedia) ideal que necesita su receptor debe ser de aproximadamente 40kHz. Un ancho de banda amplio implicará una señal demasiado débil, y quizás produzca mucho ruido de retorno a tierra para captar bien la imagen. Si el ancho de banda es muy reducido, las áreas blancas de la imagen se pueden tornar grises o ruidosas.

También se puede usar un re-

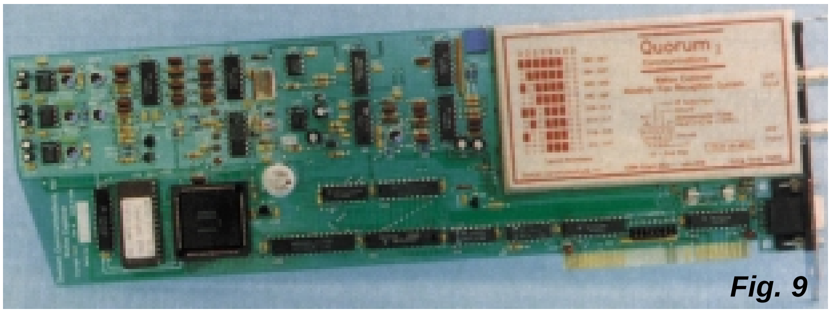


Fig. 9

ceptor de VHF/UHF de alta calidad que operan muy bien, e incluso corrigen el efecto doppler cuando el satélite se acerca y retrae. Marcas y modelos hay muchos, y cualquiera sirve para propósitos de investigación.

Ahora bien, para hacer andar el equipo, la señal de audio desde la toma del auricular de su scanner debe dirigirse a una plaqueta facsímil (modem/fax) de satélite climático en su PC. El software que viene con la plaqueta hace el resto del trabajo. Para obtener mejores resultados necesitará un monitor VGA o SuperVGA en su PC.

Plaquetas de captura hay muchas y cada día aparecen nuevos modelos con mejores prestaciones (que incluyen controles remoto). A los fines prácticos, doy a continuación una serie de plaquetas que poseen ya unos años y por ello se las puede conseguir a un costo bastante reducido, aunque algunos modelos pueden superar las $500 o más (recomiendo las primeras cuyo costo puede ser inferior a los $150, figura 9).

PCbant
Vectra Fax
Multifax
OFS WeatherFAX
Timestep ProSat
Satellite Data Systems
Quorum Communications, Inc.

No voy a explicar el mecanismo de puesta en marcha de la plaqueta, dado que éste depende del modelo que va a colocar. Le comento que normalmente yo dejo esta tarea al técnico de la casa vendedora del hardware, es decir, cuando compro equipo, lo hago instalado y solicito que me expliquen cómo funciona, luego yo le "saco el jugo "pero sin perder tiempo en aprender el manual de instalación (quizá sea un método poco digno para un ingeniero pero prefiero utilizar el tiempo para tareas que me son más agradables).

Cuando comience a recibir imágenes satelitales en su computadora va a estar unas cuantas horas encima de ésta, recuerde lo que le digo. La imagen cambia todo el tiempo con la sucesión de las estaciones. Estará ansioso por recibir la próxima tormenta o reconocer la formación de frentes de calor o frío. Siempre encontrará motivos de asombro en la captación de imágenes satelitales (figuras 7 y 8).

La calibración de temperatura de la imagen infrarroja le permitirá medir temperaturas de agua. El refuerzo de color, de acuerdo a las diferencias de temperatura en la pantalla, le revelarán dónde está la mejor pesca, si cerca de Mar del Plata o en la Península de Valdés.

Ahora bien, note que seguramente Ud. estaba esperando ver TV Satelital y hasta ahora sólo le he explicado cómo ver imágenes de satélites metereológicos pero... tiempo al tiempo, primero es necesario que experimente con técnicas de seguros resultados en un corto tiempo, esto hará que no se desanimen, luego, con más experiencia, será hora de que comience a "rastrear" un satélite para ver una señal de televisión y, por qué no, emisiones encriptadas o codificadas.

Tal como le anticipáramos en el número anterior de SABER ELECTRONICA en esta serie de capítulos le describiremos cómo poder realizar su propia antena parabólica para la recepción de señales satelitarias de televisión. Los satélites geo-sincrónicos de telecomunicaciones son capaces de poder enviar no solamente la televisión sino también otros, tal como vimos anteriormente. Como podrá darse cuenta existen algunos servicios en los que la programación se genera en un lado determinado y luego (mediante el satélite) se envían a una gran masa de oyentes. Ellos no pueden realizar el camino inverso, es decir volver a utilizarlo para re-enviar sus propios mensajes.

Este es el caso de lo que se llama radio-difusión.

Por el contrario en un servicio de tipo telefónico tanto un extremo como el otro deben poder recibir y emitir señales (para escuchar y poder hablar indistintamente). Es así como encontramos dos formas escenciales de servicios satelitales: los unidireccionales y los bi-direccionales. Los primeros son aquéllos en los que la información útil (una señal de televisión, por ejemplo) se genera en un lugar determinado y solamente se transmite (siendo recibida por miles de receptores a la vez). Los últimos son los que permiten un flujo de información en dos sentidos.

Es claro que para los servicios unidireccionales la televisión es el caso más típico, aunque también existen otros. En efecto, la radio es otra de las formas de este servicio. Aún más, cierto tipo de transmisión de datos admite ser catalogado en esta división. Lo cierto es que en un servicio unidireccional, lo que permite tomar las señales no es nada más que un receptor de TV (en este caso satelitales) pero que tiene ciertas características diferentes respecto de los que estamos acostumbrados a ver en nuestra vida cotidiana.

Como un satélite de comunicaciones orbita la Tierra y gira conjuntamente con ésta a la misma velocidad, es posible que pueda "ver" una cierta parte de la superficie terrestre. Todo lo necesario para poder captar sus señales es lograr "atraparlas" en algún dispositivo creado para tal fin. Se dará cuenta de que esto no es más que una antena. Lo que ocurre es que estas antenas son bas-

Fig. 10

tante particulares (también se las llama platos o dishers, tal como se observa en la figura 10). En efecto: debido a que las frecuencias de operación son elevadas, el comportamiento que tienen los haces hertzianos (o haces radioeléctricos) es muy similar al de la luz. Se propagan en línea recta y al cabo de una distancia determinada se atenuan por debajo de lo utilizable en forma práctica.

La manera más sencilla de entender este problema es comparar la explicación que le brindamos con el foco de luz de un automóvil. Se habrá dado cuenta de que la lamparita está ubicada en un punto particular y que lo que en realidad refleja la luz es un espejo con forma de parábola que está atrás.

En las comunicaciones satelitarias lo que ocurre algo similar. Se utilizan grandes reflectores (en comparación al tamaño del que poseen los automóviles) para poder concentrar en un punto la radiación proveniente del espacio exterior a nuestro planeta (que es donde se encuentran los satélites).

Es así como operan todas las estaciones terrenas: el primer elemento es siempre una antena, tanto sea para recibir o transmitir señales.

En definitiva no hay diferencia a lo que se pueda encontrar en cualquier equipo de comunicaciones radio-eléctricas. Podemos decir que una antena es en definitiva el vínculo que existe entre el éter y la electrónica de procesamiento de una señal cualquiera, de manera de poder hacer efectiva la más óptima y potente transferencia de energía (radioeléctrica) entre un medio y otro.

Los reflectores parabólicos concentran la energía en un punto determinado que se denomina foco. Le explicaremos más adelante que en realidad el foco de una antena parabólica no es único, sino que existen otros de menor poder concentrador (llamados secundarios), pero a los efectos de nuestras notas prácticas consideraremos que hay solamente uno (figura 11).

También es importante resaltar que tanto sea para transmitir como para recibir, todas las señales pasan por el foco, y que una antena que sirva para recibir tiene un comportamiento bastante análogo para transmitir (aunque no exactamente igual).

Existe un parámetro muy importante para poder "clasificar" a las antenas parabólicas (como a cualquier antena) que es la ganancia. La ganancia de una antena es la medida de lo útil que es; es decir, cuánto se incrementa la señal por el hecho de utilizar una antena en particular respecto de su intensidad en el espacio libre. Como en el espacio libre no es posible poder utilizar la señal en forma práctica sin captarla previamente, es claro que este valor debe ser conocido. Existe una fórmula sencilla que nos da la ganancia de una antena parabólica:

$$G = 60,8 . F^2 . D^2$$

donde:

F es la frecuencia de operación

D es el diámetro de la antena

60,8 es una constante que proviene de expresar F en miles de megaciclos (o sea giga-ciclos, GHz) y D en metros.

La fórmula nos está diciendo que la ganancia aumenta cuando la frecuencia aumenta y que lo mismo ocurre cuando aumenta el diámetro. Para la misma frecuencia de operación no es lo mismo la ganancia que tiene la estación terrenal de Balcarce (de Teleintar) que las que se pueden usar hoy en día para poder ver televisión por satélite. La primera tiene un diámetro de 30 metros y su peso está en el orden de las toneladas; mientras que para el segundo caso bastan, en la actualidad, apenas algo así como de dos a tres metros (dependiente del tipo de satélite) y ahora hasta sólo 45 cm para ver televisión satelital desde un proveedor (DIRECTV es el caso típico en nuestro

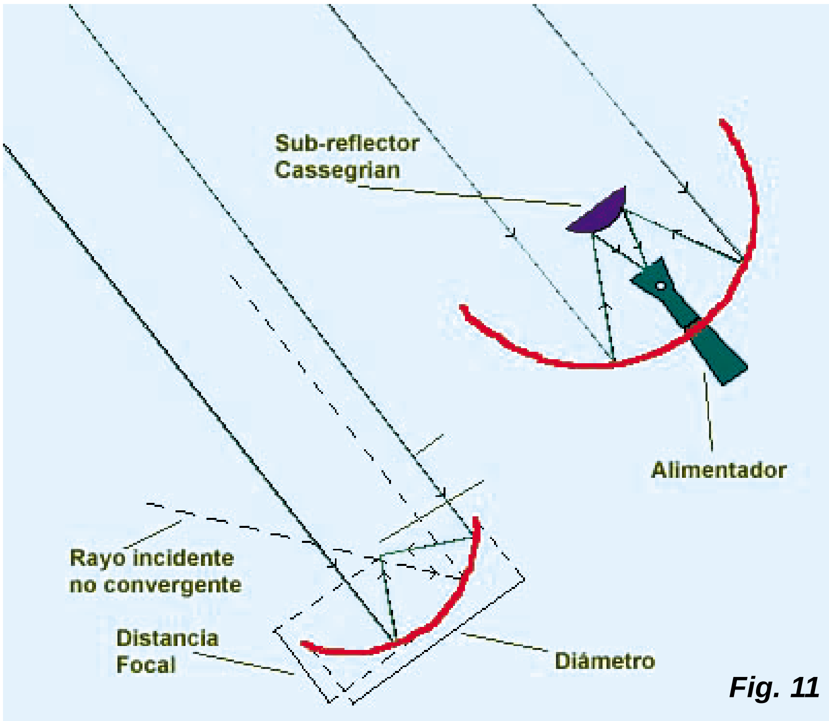


Fig. 11

país). En realidad, si nos tomamos el trabajo de dibujar una parábola y luego imaginar que esa curva pueda girar en torno a su eje, nos vamos a encontrar con el dibujo de una antena parabólica. Lo que sucede es que en el mundo de la matemática eso se llama paraboloide de revolución.

Le explicaremos cómo debe realizarse en forma práctica un paraboloide de revolución. Para esto partiremos de confeccionar una tabla con valores de una curva parabólica. Luego en base a esto construiremos un molde, y sobre éste colocaremos hojas de aluminio (que serán la superficie reflectora), al que le adosaremos los montajes necesarios para poder seguir una trayectoria determinada (la de los satélites geo-estacionarios), de forma tal que pueda captar no solamente a uno de éstos sino a todos los que iluminan el territorio de nuestro país (ya verá que son bastantes).

En la figura 12 le mostramos el dibujo de una parábola (representación matemática de una parábola). Esta parábola está centrada en un par de ejes ortogonales (es decir perpendiculares). Estos ejes también se conocen como ejes cartesianos. En la fórmula que le damos para cada valor de "X" , obtendrá un valor de "Y".

Para poder continuar con nuestra explicación quisiera volver al tema de las frecuencias de operación de los sistemas satelitales, ya que este punto es fundamental. Normalmente estas frecuencias son elevadas, es decir, que están en el orden de los miles de megaciclos.

Para no usar cifras tan grandes, utilizaremos el giga-ciclo que se abrevia GHz, y equivale a mil megaciclos. Así tenemos que existen determinadas bandas de operación para transmitir y para recibir. Existe una banda en particular que se llama BANDA "C" y queda definida de la siguiente forma:

Para transmitir de 5.900MHz a 6.400MHz (o bien 5,9GHz a 6,4GHz)

Para recibir de 3.700MHz a 4.200MHz (o bien 3,7GHz a 4,2GHz)

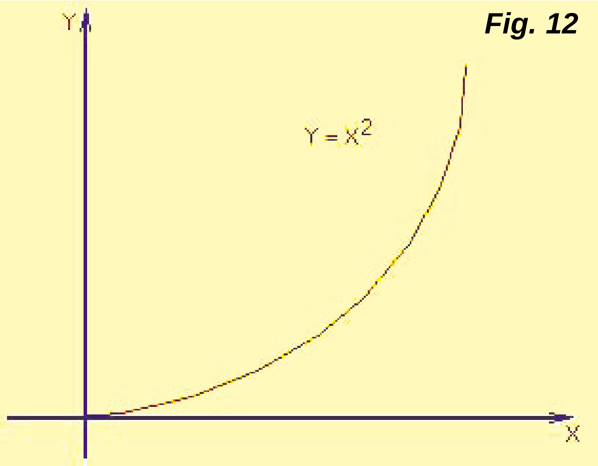


Fig. 12

Es importante destacar que tanto en un sentido como en otro el ancho de banda total es de 500MHz. Mencionábamos que la frecuencia de operación es un dato fundamental ya que la precisión mecánica de la antena debe estar en concordancia con la longitud de onda, y es precisamente ésta la que está emparentada con la frecuencia de operación. En general debemos decir que se toma como una medida de la calidad constructiva de la antena el hecho que las tolerancias mecánicas estén en el orden de un cuarto de la longitud de onda.

Ahora bien, la fórmula que nos dice cuál es la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{300}{F}$$

donde F es la frecuencia expresada en MHz. El resultado da en metros.

Para el caso que nos ocupa:

$$\lambda = \frac{300}{3.700}$$

en el caso del principio de la banda

$$\lambda = \frac{300}{4.200}$$

en el caso del final de la banda

Si hacemos las cuentas respectivas veremos que para el primer caso da 0,081 m y para el segundo 0,071 m (cuando la frecuencia es más alta, la longitud de onda disminuye). Si dividimos por cuatro el mínimo valor, tendremos 0,017 m, o sea 1,7 cm. Al construir el reflector parabólico no podemos equivocarnos en las medidas que tomemos más que este valor. De lo contrario la antena no funcionará como tal. En vez de concentrar la energía en el foco (en un solo punto) lo hará en varios diferentes de menor intensidad, desperdiciando así la potencia captada proveniente del satélite que queramos tomar.

Es necesario también mencionar que la Banda "C" no es la única que se utiliza para comunicaciones satelitales. Existen otras más elevadas. Podemos mencionar la Banda "Ku" (tal es su nombre) que ocupa los valores de 11.000 a 14.000MHz (o bien 11 a 14GHz) y otras nuevas ya que los servicios satelitales se han expandido enormemente a lo largo de todo el mundo congestionándose cada vez más. Es claro que los 500MHz de la Banda "C" no dan abasto para la cantidad de satélites que sirven áreas de coberturas similares (como es el caso en Europa, por ejemplo) y de ahí que se ha tenido que recurrir a frecuencias más elevadas.

Por ejemplo ya se está construyendo en el viejo continente la próxima generación de satélites de telecomunicaciones nada menos que en la Banda "Ka" o sea de 20 a 30GHz. Esto significa que las tolerancias para la construcción de las estaciones terrenas de cada uno de estos sistemas es cada vez menor... y por ende más caros los procesos de fabricación. Lo que sucede es que son tantas las aplicaciones y tantos los usuarios que a la larga esos precios van bajando hasta hacerse accesibles.

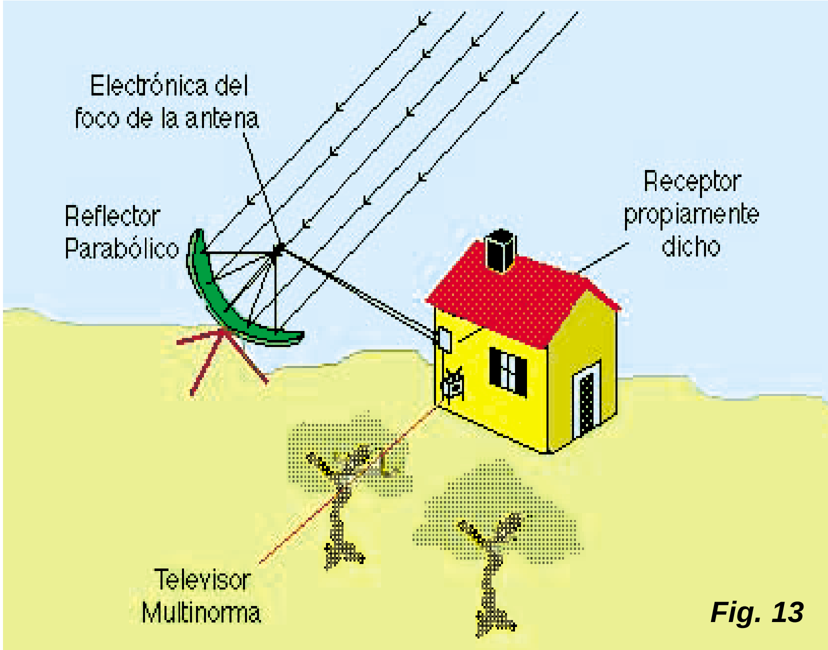


Fig. 13

Volviendo a nuestra explicación sobre el reflector parabólico, quisiera reparar en el detalle de su propio nombre: reflector. Es justamente eso lo que hace. Refleja las señales y las concentra en un punto llamado foco. Es precisamente en ese punto en donde hay que colocar lo que conforma la verdadera antena satelital, acompañada de la electrónica que amplificará la señal hasta niveles en que pueda convertirse en una imagen (previo proceso de sus características básicas).

Para no confundirnos, podemos tomar la convención de decir que la antena satelital queda formada por el reflector parabólico y la electrónica del foco de antena. Son dos partes bien difrenciadas. En la figura 13 mostramos gráficamente lo que explicamos.

Es necesario también explicar que la indicación de la ganancia de una antena normalmente se expresa en decibeles.

El decibel es una relación de dos parámetros, en realidad es el logaritmo de esa relación (o cociente).

Así tenemos otra fórmula para la ganancia de una antena parabólica (un poco más exacta que la anterior) y que es:

$$\text{GANANCIA} = \frac{10 \log 4 (A) \times E}{\lambda^2}$$

A es la apertura de la antena (el área que ocupa vista de frente)

λ es la longitud de onda

E es la eficiencia de construcción, que normalmente se toma del 50%.

Tabla 1 - Cálculo de la ganancia de una antena parabólica

TOMAMOS UN DIAMETRO DE 3,60 metros
La APERTURA es el área vista de frente, luego:

$\text{APERTURA} = p \,.\, R^2 = 3{,}14 \,.\, (1{,}80)^2 = 10{,}23 \text{ m}^2$

LUEGO:

$$\text{GANANCIA} = \frac{10 \log 4 \times 10{,}23 \times 0{,}55}{(0{,}71)^2}$$

$\text{GANANCIA} = 42{,}1 \text{ dB}$

Si las distancias que se tomen para la construcción del reflector no están bien medidas (respetando el cuarto de longitud de onda), si las medidas no se verifican correctamente la eficiencia de la antena no será del 50% pasando a ser menos... por consiguiente la ganancia también será menor.

Para finalizar, ofrecemos en la tabla 1 un ejemplo de cálculo de ganancia de un reflector parabólico. Por supuesto que hay algunos datos de partida que hemos supuesto (para poder así poner de manifiesto una situación que Ud. mismo encontrará en la práctica: algunos datos deberá buscarlos en varios lugares diferentes, como ser tipos de satélites, frecuencias de operación particulares, etc.). Es lógico que con estos datos ya está en condiciones de experimentar su propia antena pero espere algunas entregas, dado que en próximos capítulo le indicaremos detalles para construir el reflector.

Composición de un Sistema de Recepción de TV satelital

Si Ud. desea ver televisión vía satélite en la banda comercial, sin necesidad de estar asociado a un proveedor, necesitará un conjunto de tamaño considerable, en relación con los pequeños platos que hoy se ofrecen por unos $400 cuando compra un TV.

Sin embargo, con los elementos componentes de un sistema tradicional, no estará "atado" a una programación paga y podrá explorar señales impensadas.

Un sistema TVRO (TeleVisión de sólo Recepción) debe contar con los siguientes componentes:

1) REFLECTOR PARABÓLICO, PLATO O "DISHER"

Es el componente más visible, un reflector parabólico que puede ser de Aluminio Sólido, Aluminio Perforado o RED de CABLES. Los tamaños de los platos pueden variar desde pequeños 1 metro (para la BANDA KU) hasta 4 metros (para la BANDA-C Comercial) con un promedio de entre 2,5 m y 4 m de diámetro. Este dispositivo enfoca las señales de microondas que provienen desde satélites como el espejo de un telescopio concentra la luz proveniente de galaxias distantes.

El tipo de montaje de plato más común es el llamado MONTAJE POLAR. Se designa así porque está orientado de modo que coincidiendo con el eje de la tierra, permita que pueda "rastrear" los satélites que están dispersados en una órbita geoestacionaria de una banda del cielo llamada "Cinturón de Clarke" en homenaje a Arthur C. Clarke, quien anticipó el concepto de satélites para comunicaciones geoestacionarias en 1945.

El reflector se instala en un conducto de 3 pulgadas, el cual está sumergido en hormigón armado. La mayoría de los montajes requiere un conducto de 3,5 pulgadas de diámetro exterior y 3" de diámetro interno.

2) PALANCA POSICIONADORA (Impulsor)

Es un dispositivo que contiene un motor usado para balancear el plato satelital. Con el balanceo, el plato puede focalizar satélites individuales, que pueden distar unos de otros 2 grados de separación. Las palancas impulsoras más comunes tienen una extensión de 18 y 24 pulgadas (cuanto más grande sea la palanca, más amplio será el arco que el plato puede "captar"). Además, un mecanismo más costoso llamado impulsor "horizonte-a-horizonte", siendo capaz de apuntar con mayor precisión (lo cual es importante en la banda Ku y en los satélites cercanos entre sí), es capaz también de ver un arco entero de satélites desde su ubicación.

Muchas conductores de platos también tienen un segundo impulsor para controlar el aspecto VERTICAL (elevación) del plato. De este modo les permite rastrear satélites de órbita inclinada que varían o se tambalean en el plano vertical.

3) LNB

Es el pequeño dispositivo que amplifica las señales muy débiles desde el plato, y las convierte en señales con bandas de frecuencias más adecuada. LNB significa CONVERTIDOR en BLOQUE de RUIDO BAJO (LOW NOISE BLOQUE). Los sistemas más viejos tenían componentes separados: LNA (Amplificador de Ruido Bajo) y un convertidor invertido que cambiaba las señales recibidas (3-4 GHz) a 70 Mhz.

El bloque estándar usado hoy oscila entre los 950 y 1450MHz. Tanto la banda C como la KU (ambas cuentan con una entrada a un vasto espectro de frecuencias diferentes) salen a un bloque de 950 a 1450MHz. De todos modos, en la operación de KU se deben considerar otros factores que explicaremos más adelante.

También hay un dispositivo llamado LNBF, que combina el LNB y el dispositivo de alimentación en una sola unidad. El LNBF usa un método más simple para ajustar la polaridad. No puede ajustar un movimiento oblicuo, sólo horizontal o vertical. Este dispositivo es práctico sólo para los sistemas de banda C. Si su LNB comienza a fallar, deberá reemplazar todo el dispositivo.

El LNBF es especialmente adecuado para operaciones dedicadas, como un plato más pequeño usado sólo para un satélite.

Además de tener que montar el sistema de alimentación, es necesario un cable de bajada, un receptor y un desencriptador, cuya explicación veremos en la próxima edición.

Cabe aclarar que la recepción de imágenes satelitales no es tan complicada como parece; hasta con una simple moneda de dos metales, un cable coaxil apropiado y un receptor de UHF es posible captar imágenes de satélites que emiten con señales fuertes.

4) ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

El dispositivo de alimentación actúa como un embudo de microondas. Este dispositivo tiene un LNB en el foco del plato, y es usualmente llamado "alimentación". Hay diferentes tipos de alimentación.

Alimentación de Banda C Simple:

Contiene un LNB para la banda C. Adentro tiene un dispositivo llamado POLAROTOR, que permite la recepción de los canales polarizados horizontal y verticalmente. En la práctica general, los canales PARES se encuentran en la polaridad UNO mientras que los IMPARES se hallan en la polaridad opuesta. El esquema de polaridad real depende del satélite en cuestión.

Alimentación de Banda C Dual:

Permite el uso de dos amplificadores LNB para la banda C, una para la polarización horizontal y otra para la vertical.

Alimentación de Banda Dual (C y KU):

Tiene dos LNBs separados, uno para la banda C y otro para la banda KU.

5) LOS DIFERENTES CABLES

Hay una cantidad de cables conectados desde el plato al receptor. Estos son los cables para los LNBs C y/o KU, la alimentación al LNB (usualmente enviada sobre el mismo CABLE COAXIAL), la tensión de alimentación para la palanca posicionadora, las señales de retorno para la lectura de posición, y la señal de control para el polarotor.

Se usan dos cables para la alimentación de la palanca impulsora y dos cables para la lectura de dicha posición

El cable de lectura de posición desde el impulsor al controlador del impulsor debería tener TRES conductores para el sensor de posición. Para los sensores positivos, uno es para la cobertura y los otros dos para el resistor. Para los sensores de pulsos, uno va a tierra, otro es de +5V y el último para la entrada de pulsos. No todas las palancas requieren tres conexiones.

Se usan dos cables para la alimentación del polarotor.

Los polarotores vienen en dos variedades. Los más viejos usan un motor de 12V para rotar la sonda. Con la polaridad inversa cambia de dirección. Los nuevos usan una conexión de tres cables. Uno para +5V, otro a tierra y el tercero para el "pulso".

El cable RG-6U (más que el común RG-59U) es el cable de opción para las frecuencias más altas de la TV satelital.

6) RECEPTOR

Hay muchos receptores disponibles de distintas marcas, tanto nuevos como usados.

El receptor toma la señal del LNB y produce una imagen de TV desde el ancho de banda de video hasta FM, y también permite sintonizar un subcanal de audio que puede proveer muchos servicios diferentes de sólo audio como shows MUSICALES y CONVERSADOS y hasta recepción de TEXTO de DATOS. Los receptores más nuevos operan con el bloque estándar de 950-1450MHz que viene con un LNB estándar. Los más viejos usan una alimentación directa de 70MHZ, un LNA (amplificador de ruido bajo) y un convertidor inverso en el plato. Si desea ahorrar dinero, puede comenzar con uno de estos receptores viejos.

El receptor también debe tener un desencriptador interno para decodificar los servicios PAGOS. Este tipo de receptor se llama IRD o Desencriptador de Receptor Integrado. Necesitará un desencriptador para servicios tales como HBO y los servicios de tipo CABLE-TV comunes.

7) DESENCRIPTADOR

El desencriptador para el consumidor es un sistema VIDEOCIPHER que en Estados Unidos es fabricado por General Instruments (G.I) y en Argentina se encuentran de varios tipos y fabricantes. Aún hay decodificadores simples disponibles. De todos modos, debe considerar que últimamente la tecnología de los Desencriptadores ha cambiado mucho y los viejos ya no operan bajo los nuevos estándares. Asegúrese al comprar un IRD (DESENCRIPTADOR RECEPTOR INTEGRADO) que la unidad pueda ser actualizada al nuevo VC-II+ y al próximo VC-II+ RS (Seguridad Renovable) si piensa acceder a servicios encriptados (en su mayoría de cable) o películas y eventos deportivos con el sistema Pague-Por-Ver.

En Canadá, el sistema OAK-ORION fue otro sistema de encriptación popular usado por TELESAT CANADA para satélites ANIK (canadienses).

CANCOM distribuyó el OAK, en preparación del EXPRESSVU DBS. Hay algunos programas en ESTADOS UNIDOS transmitidos con el sistema OAK-ORION, principalmente las Carreras de Caballos y la programación de Hospitales. Si bien es LEGAL usar un decodificador OAK-ORION, no hay servicios disponibles suficientes en este formato que garanticen un uso efectivo. A menos que la persona sea un "burrero de ley", AUTORIZAR el desencriptador para las carreras de caballos resulta cuestionable.

En Europa se usan otros sistemas de encriptación.

En los ESTADOS UNIDOS, como en ARGENTINA, hay un gran mercado de decodificadores "piratas" o "usados", con los cuales se pueden recibir servicios encriptados sin pagar los honorarios de suscripción. Esta situación ha propiciado el cambio de los sistemas VC-II+ revisado y el próximo VC-II+ RS, y se espera terminar con la piratería mediante el uso de un sistema de chips de tipo "tarjeta de crédito" renovable. Por supuesto, esta tecnología elevará los costos del consumidor. Y además, para gran parte de los consumidores, los honorarios de suscripción son más caros que los precios del cable.

Dado que la mayoría de los canales encriptados pertenecen a las grandes corporaciones de TV por cable, las cuales prefieren que la gente se suscriba a su sistema de cable, el razonamiento aquí es obvio. Por esta causa, la popularidad de la TV satelital ha decaído en los Estados Unidos.

A fines de 1992, el gobierno argentino, a través de la CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones), llamó a concurso internacional para obtener la autorización de explotar un sistema de comunicaciones por satélite, que utilizara posiciones orbitales a coordinarse para la Argentina.

La Unión Transitoria de Empresas formada por Daimler Chrysler Aerospace, Aerospatiale y Alenia Spazio ganó este Concurso y fue la adjudicataria. Con este logro, Argentina y los demás países de América Latina se vieron beneficiados, por primera vez, con la posibilidad de tener cobertura satelital en la banda Ku.

En 1993, comenzando a proveer facilidades satelitales en Argentina, Chile y Uruguay, Nahuelsat opera dos satélites denominados Nahuel 1C y Nahuel 2C que, conformando el "Sistema Interino", ocupan posiciones orbitales argentinas.

Estos satélites fueron decomisionados y reemplazados por el satélite Nahuel 1, actualmente en operación.

El lanzamiento del primer satélite NAHUEL se realizó el 30 de enero de 1997 desde Kourou (Guyana Francesa) con un Ariane IV, lanzador que desde hace 14 años cubre las 2/3 partes de los lanzamientos de satélites comerciales en el mundo.

Finalmente, el primero de Marzo de 1997, luego de transferírsele el tráfico de los satélites transitorios, el Satélite NAHUEL 1 comenzó a operar en la posición de 71,8º de longitud oeste y cubre desde la Antártida y Tierra del Fuego hasta el sur de los Estados Unidos.

En la figura 1 se da una tabla provista por Nahuelsat, sobre las señales de TV digitales que manejan, junto con datos que le serán de suma importancia a la hora de querer realizar experimentaciones.

La función de una antena es

la de captar la energía electromagnética que llega desde el satélite para concentrarla en la unidad exterior. Para conseguir esto, a estas frecuencias de trabajo, el mejor tipo de antena es la parabólica. Con ella se obtienen rendimientos buenos y ganancias elevadas, características muy importantes en este tipo de comunicaciones, debido a la naturaleza de las señales tratadas en recepción.

Las Antenas para Recepción

Existen varios tipos de antenas para estas frecuencias, que pueden dividirse en dos grupos principales: las de un solo haz y las multihaces. Las más empleadas para la recepción directa de TV por satélite son las primeras, por lo que las estudiaremos detalladamente.

Entre las antenas de un solo haz puede hacerse una segunda clasificación, en atención al número de reflectores que emplean:

- ***Sin reflector, como las antenas de bocina.***
- ***Con un solo reflector. En este tipo se incluyen la parabólica, más conocida y que se alimenta en su foco y la Offset, que emplea una sección de un reflector parabólico, alimentado también en el foco.***
- ***Con doble reflector, cuyo ejemplo más típico es la Cassegrain.***

En la figura 2 tenemos los tipos de antenas antes mencionados. Además, están situados en orden a sus rendimientos. Así, la antena de bocina presenta una ganancia muy inferior al resto, por lo que no es recomendable su utilización para el tipo de comunicaciones via satélite. No obstante, es ampliamente utilizado en combinación con uno o dos reflectores, que constituyen la forma principal para su alimentación a estas frecuencias, ya que ofrece una buena adaptación entre las impedancias de la guía y del medio de propagación exterior.

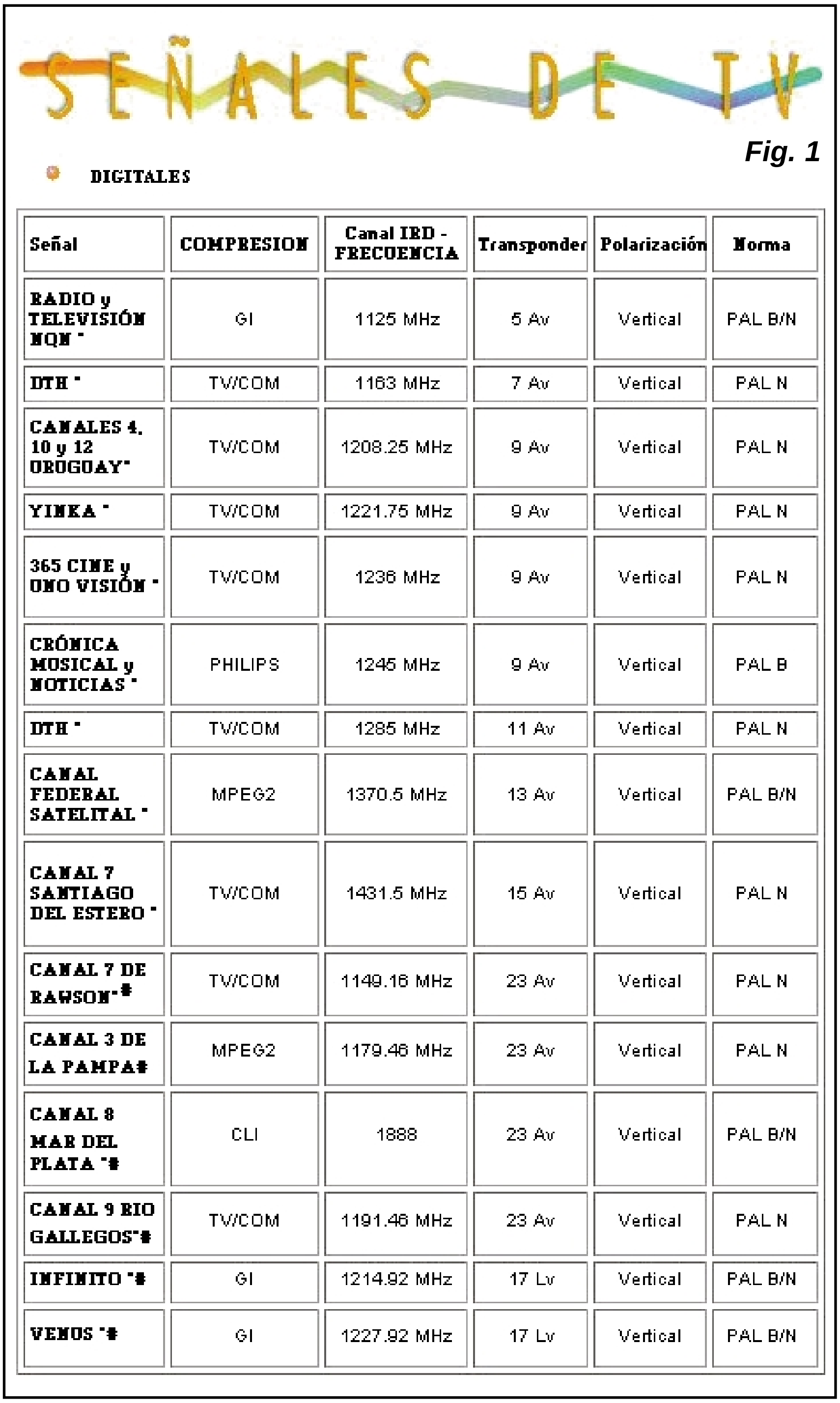

SEÑALES DE TV

Fig. 1

DIGITALES

Señal	COMPRESION	Canal IRD - FRECUENCIA	Transponder	Polarización	Norma
RADIO y TELEVISIÓN NQN *	GI	1125 MHz	5 Av	Vertical	PAL B/N
DTH *	TV/COM	1163 MHz	7 Av	Vertical	PAL N
CANALES 4, 10 y 12 URUGUAY*	TV/COM	1208.25 MHz	9 Av	Vertical	PAL N
YINKA *	TV/COM	1221.75 MHz	9 Av	Vertical	PAL N
365 CINE y UNO VISIÓN *	TV/COM	1236 MHz	9 Av	Vertical	PAL N
CRÓNICA MUSICAL y NOTICIAS *	PHILIPS	1245 MHz	9 Av	Vertical	PAL B
DTH *	TV/COM	1285 MHz	11 Av	Vertical	PAL N
CANAL FEDERAL SATELITAL *	MPEG2	1370.5 MHz	13 Av	Vertical	PAL B/N
CANAL 7 SANTIAGO DEL ESTERO *	TV/COM	1431.5 MHz	15 Av	Vertical	PAL N
CANAL 7 DE RAWSON*#	TV/COM	1149.16 MHz	23 Av	Vertical	PAL N
CANAL 3 DE LA PAMPA#	MPEG2	1179.46 MHz	23 Av	Vertical	PAL N
CANAL 8 MAR DEL PLATA *#	CLI	1888	23 Av	Vertical	PAL B/N
CANAL 9 RIO GALLEGOS*#	TV/COM	1191.46 MHz	23 Av	Vertical	PAL N
INFINITO *#	GI	1214.92 MHz	17 Lv	Vertical	PAL B/N
VENUS *#	GI	1227.92 MHz	17 Lv	Vertical	PAL B/N

Existen varios tipos de bocinas, denominadas según la forma de pasar de las dimensiones de la guía a la boca de la bocina o atendiendo a la sección de ésta, rectangular o cilíndrica.

Entre las antenas de un solo reflector, cabe destacar dos tipos principales y más utilizados: la parabólica "normal" y la offset. La primera está compuesta por un reflector, que geométricamente es un paraboloide de revolución con una boca circular y un alimentador, que es una bocina. Esta está situada en el foco del paraboloide, con lo que conseguimos que todos los rayos que lleguen paralelos al eje del reflector se reflejen en él, dirigiéndose directamene al foco. O sea, toda la energía que viene del satélite es captada por la parábola y enviada al foco, lugar que ocupará la unidad exterior. Debido a la gran distancia Satélite-Tierra, podemos considerar sin mucho error que todos los rayos procedentes del satélite inciden paralelamente al eje de la parábola y que, por tanto, son re-

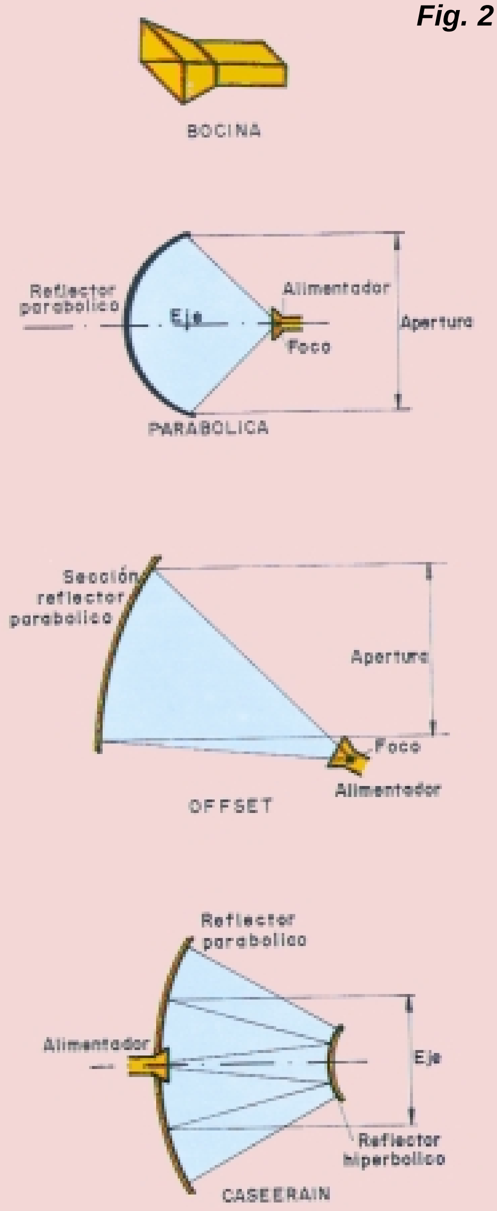


Fig. 2

flejados hacia el foco. La antena offset emplea sólo una sección del reflector parabólico y sitúa su alimentador también en el foco. Presenta un rendimiento superior al tipo anterior, por lo que es también muy empleada.

La antena Cassegrain es el exponente principal de las antenas de doble reflector y un solo haz. Presenta un elevado rendimiento y mayor complejidad mecánica, ya que los dos reflectores y el alimentador deben estar perfectamente situados para obtener el máximo rendimiento de esta antena. Debido a sus comprometidas características mecánicas, no es muy utilizada en las instalaciones individuales de recepción de televisión por satélite. El tipo de antena elegido para la instalación de una estación de recepción de televisión directa por satélite, debe cumplir unas exigencias mínimas, tanto eléctricas, como mecánicas, ya que si no, se compromete la calidad de la recepción.

Entre las eléctricas se encuentran algunas físicas, como el diámetro de la parábola y otras puramente eléctricas, como la ganancia que presenta la antena con respecto a la isotrópica. Otras características no menos importantes se reflejan en el diagrama de radiación de la antena, como son la anchura del haz y la magnitud de los lóbulos secundarios.

Las mecánicas se refieren a su resistencia a los fenómenos meteorológicos, sobre todo al viento y a las lluvias. También debe tenerse en cuenta la precisión del sistema de apuntamiento, azimut y elevación, en las condiciones climáticas más adversas.

En cuanto a las eléctricas, es importante una elevada ganancia, a la vez que la inexistencia de lóbulos secundarios. Esta combinación trae como consecuencia positiva el poder procesar señales débiles, ya que el ruido captado es menor cuanto más pequeños sean los lóbulos secundarios y la ganancia aumenta a medida que se estrecha el haz. En la figura 3 podemos observar el diagrama de radiación ideal comparado con el real, en el que se aprecian unos pequeños lóbulos secundarios y una disminución de la ganancia en la dirección de apuntamiento.

El diámetro del reflector incide directamente en la ganancia de la antena, aunque no es el único factor, por lo que habrá que buscar un compromiso entre todos los parámetros. La expresión de la ganancia depende también de la frecuencia y de la superficie de la antena:

$$G = 10\ \log\ \left(\frac{4\pi\ .\ S}{l^2} \right)$$

Además, debe añadirse un factor que representa la eficacia de la antena, n, que podría definirse como la relación entre la energía que incide en el reflector y la que llega al alimentador después de la reflexión. Con este factor la expresión de la ganancia queda modificada de la siguiente manera:

$$G = 10\ \log\ \left(\frac{4\pi\ .\ S}{l^2}\ .\ n \right)$$

G se mide en dBi, o en dB sobre la isotrópica, antena que se toma como referencia.

Las características mecánicas que presente la antena también son de suma importancia. En efecto, si su estructura es poco consistente a vientos fuertes, se moverá ligeramente cuando éstos existan y dará lugar a desvanecimientos de la señal recibida (fadding), ya que variará el apuntamiento de la antena. Este sistema, el de apuntamiento, deberá poseer un ajuste grueso y otro fi-

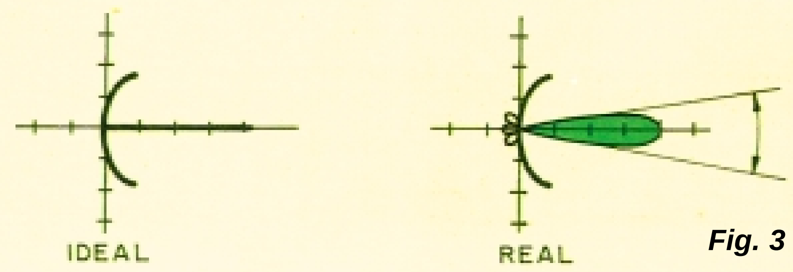


Fig. 3

no, tanto para la elevación como para el azimut, para poder apuntar la antena hacia el satélite de una forma precisa. Ambos ajustes deben ser estables frente a condiciones meteorológicas adversas para asegurar un óptimo apuntamiento. En la instalación de la antena deberá prestarse también una especial atención a los anclajes, los cuales tendrán que tener una fortaleza acorde con la estructura que van a soportar.

Veamos ahora, cuáles son los elementos que forman parte de la antena y no del plato receptor propiamente dicho.

Unidad exterior

En la unidad exterior se encuentran, aparte del amplificador de bajo ruido, un oscilador, un mezclador y un primer amplificador de frecuencia intermedia. Mediante estos pasos conseguimos dos objetivos: la amplificación de la señal de entrada y la conversión a una frecuencia inferior, sobre 1GHz, para que la señal de salida pueda ser llevada por un cable coaxial hasta la unidad interior de sintonía.

Una vez captada la señal por la antena, ésta pasa por un filtro pasabanda que se encarga de rechazar las señales captadas que se encuentran fuera de la banda de frecuencia que deseamos recibir.

Seguidamente es aumentada por un amplificador de bajo ruido (ABR, o en inglés LNA). Este primer paso debe presentar una baja figura de ruido.

Con la ganancia que presenten la antena y el LNA, nos aseguramos un nivel de salida apto para el posterior tratamiento de la señal por la unidad de sintonía.

Estos dos primeros pasos de la unidad exterior constituyen lo que podríamos llamar la cadena de RF.

El ancho de banda que debe poseer el filtro debe ser suficiente para poder recibir todas las señales emitidas por el satélite. Parte de las emisiones están comprendidas en la banda de 10 a 11,7GHz, aunque para los satélites de radiodifusión directa, DBS, estará comprendida entre 11,7 y 12,5GHz, tal como lo mencionáramos en entregas anteriores. Hasta ahora no se ha mencionado la polarización de la onda recibida, ya que el proceso descripto y el que falta, dentro de la unidad exterior, es independiente de ella. Por tanto, resulta evidente que exista un discriminador de polarización anterior a la unidad exterior.

Conversor de bajo ruido

Ya sólo resta convertir la frecuencia de la señal de entrada en otra menor para conseguir dos objetivos importantes; en primer lugar, dado que la antena y la unidad exterior deben estar situadas al aire libre y la unidad interior ha de ubicarse en la vivienda, es necesario unir eléctricamente una con otra, para llevar, por un lado, la señal procesada por la unidad exterior a la entrada del sintonizador y, por otro, la alimentación de la unidad exterior.

Si no se hiciese la conversión, la línea de transmisión debiera estar constituida por una guía de onda de longitud y sección adecuadas, con el consiguiente encarecimiento de la instalación, aparte de la rigidez mecánica que requiere una guía, aunque sea flexible.

A estas frecuencias no es posible el empleo de cable coaxial, debido a las grandes atenuaciones introducidas por éste. Esto podría llevarnos a que la ganancia conseguida por la antena y el amplificador de bajo ruido de entrada sirviera solamente para contrarrestar las pérdidas introducidas por el cable, por lo que se haría necesaria la instalación de otro LNA antes de la unidad interior de sintonía y situado junto a ésta. Por otra parte, hay que considerar el hecho de que en pasos posteriores habrá que realizar una o varias conversiones para poder demodular correctamente la señal y pasarla posteriormente a un canal de televisión normal. Es por ello por lo que la primera conversión se realiza en la unidad exterior. Con un oscilador local de microondas que tenga una frecuencia de oscilación de 10GHz, podemos obtener a la salida del conversor una frecuencia intermedia de 1,5GHz.

Aunque alta, esta frecuecia permite el empleo de cable coaxial para su transmisión a la unidad de sintonía. Sin embargo, todavía no es la apropiada para realizar una demodulación correcta, por lo que posteriormente habrá que efectuar una segunda conversión.

Por otra parte, la utilización de un cable coaxial nos permite llevar por éste, además de la señal de frecuencia intermedia, la alimentación de la unidad exterior. Los capacitores permiten el paso de la radiofrecuencia, pero impiden el de la corriente continua. Los choques impiden el paso de la primera, pero facilitan el paso de la corriente continua. Con ello permiten la alimentación del LNA y del conversor e impiden que la señal de RF altere el funcionamiento de los pasos de la unidad exterior o que entre en la fuente de alimentación del equipo. Es de destacar que a las frecuencias de trabajo de estos equipos, las bobinas ya no se materializan con espiras, dadas las bajas inductancias requeridas, sino por tiras de cobre de longitud y ancho determinados. **************

El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por el Ing. Horacio D. Vallejo.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Técnicas digitales

24

El Mundo de la Electrónica

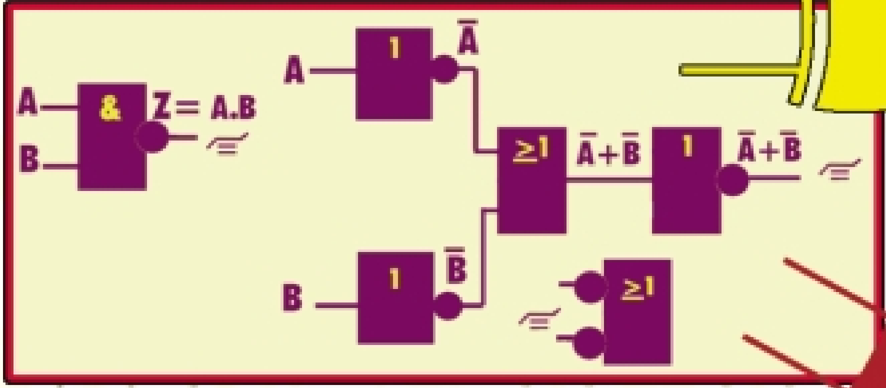
Compuertas lógicas

OR - AND - Inversor

Nand - Nor - Or Exclusive

Nor Exclusive

Leyes de De Morgan



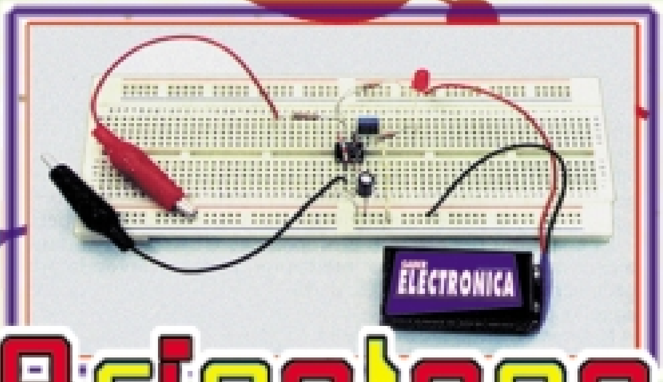
A
B
&
Z= A.B
A
1
$\overline{A}$
≥1
$\overline{A}+\overline{B}$
1
$\overline{\overline{A}+\overline{B}}$
B
1
$\overline{B}$
≥1

SABER ELECTRONICA
EDICION ARGENTINA

REP. ARG. EDICION ESPECIAL N° 302 - $1,60

5 Proyectos digitales

- Oscilador
- Interruptor
- Divisor
- Generador de pulsos
- Generador de onda cuadrada



SABER ELECTRONICA

Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 24

TECNICAS DIGITALES

Introducción.......................371
Lógica positiva y lógica negativa..............................371
Compuertas lógicas..........371
Compuerta lógica OR 371
Compuerta lógica AND....372
Inversor...............................373
Compuerta lógica NAND 374
Compuerta lógica NOR....374
Compuerta OR Exclusive ..375
Compuerta EX-NOR 375
Leyes de De Morgan.........376
Lógica AND 377
Lógica OR...........................377
Ejemplos de compuertas NAND..................................378
Ejemplos de compuertas NOR 379
Ejemplos de compuertas EX-OR.................................380
Función lógica comparación.....................380

CIRCUITOS CON COMPUERTAS DIGITALES

Oscilador con CD4001......381
Generador con 4049.........382
Generador de onda cuadrada 382
Interruptor digital 383
Oscilador doblador 383

Cupón Nº 24
Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo $5

Nombre: ____________________
para hacer el canje, fotocopie este cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 24

Técnicas Digitales

INTRODUCCIÓN

Para entender el funcionamiento de las compuertas lógicas, debemos en principio definir a qué estado de tensión corresponde el "0" lógico y "1" lógico, respectivamente.

Esto se debe a que pueden tomarse tensiones de una sola polaridad respecto de un terminal tomado como referencia y en ocasiones se prefiere el uso de tensiones de distinta polaridad para el manejo de determinados dispositivos.

LÓGICA POSITIVA Y LÓGICA NEGATIVA

Puede ocurrir que el "1" tome un valor de tensión mayor que el correspondiente al "0" o viceversa.

Siempre, al estado lógico "1" se le asigna un valor de tensión y al estado lógico "0" se le asigna otro valor de tensión.

Si al estado lógico "1" se le asigna el mayor valor de tensión (de los dos valores definidos) y al estado lógico "0" se le asigna el menor valor de tensión, la lógica se llama lógica positiva.

Si, por el contrario, al estado lógico "1" se le asigna el menor valor de tensión y al estado lógico "0" el mayor valor de tensión, la lógica se llama lógica negativa.

Como ejemplo de la lógica positiva podemos dar el siguiente caso:

V(0) = 0V ; V(1) = 5V

O también:

V(0) = -3V ; V(1) = 3V

Como ejemplo del uso de la lógica negativa podemos citar el sicguiente caso:

V(0) = 5V ; V(1) = 0V

O también:

V(0) = 3V ; V(1) = -3V

Con fines teóricos, la mayoría de los libros de texto suelen trabajar con lógica positiva, es decir, asignando al estado lógico "1" el mayor valor de tensión y al estado "0" el menor valor de tensión; en este texto utilizaremos la misma convención.

También es común hablar de niveles lógicos.

De esta manera sea cual fuere la lógica utilizada se tienen dos niveles lógicos: alto y bajo.

En la lógica positiva, al estado lógico "1" le corresponde un nivel lógico alto (H-high) y al estado lógico "0" le corresponde un nivel lógico bajo (L-low).

Por el contrario, en la lógica negativa, al "1" lógico le corresponde el nivel L y al "0" lógico se le asignará el nivel lógico H.

Dicho de otra manera, si trabajamos con lógica positiva, al estado lógico "1" le corresponde el nivel lógico "H" (alto) y al estado lógico "0" le corresponde el nivel lógico "L" (bajo).

COMPUERTAS LÓGICAS

Una compuerta lógica es un circuito lógico cuya operación puede ser definida por una función del álgebra lógica o álgebra de Boole, cuya explicación no es objeto de esta obra.

Veamos entonces las compuertas lógicas básicas, para ello definamos el término "tabla de verdad", por utilizarse a menudo en la técnicas digitales:

Se llama tabla de verdad de una función lógica a una representación de la misma donde se indica el estado lógico "1" o "0" que toma la función lógica para cada una de las combinaciones de las variables de las cuales depende.

Dicho en otras palabras, la tabla de verdad es una lista de todos los posibles valores de las entradas y sus correspondientes salidas.

Si tenemos dos variables de entradas A y B, tendremos cuatro combinaciones posibles.:

ENTRADA A	ENTRADA B	SALIDA
X	X	X
X	X	X
X	X	X
X	X	X

Donde X puede tomar los valores "0" o "1".

COMPUERTA LÓGICA "OR"

También es conocida como compuerta lógica "0". El circuito que representa a esta compuerta tiene dos o más entradas y una sola salida. La salida se encuentra en el estado lógico "1" si una o más de una entrada se encuentran simultáneamente en el estado lógico "1".

Esto significa que un "1" a la entrada es suficiente para que en la salida haya un "1", independientemente de los valores que existan en las demás entradas.

La salida vale "0" cuando todas las entradas valen "0".

La tabla de verdad para una compuerta lógica OR de dos entradas es la siguiente:

B	A	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

La expresión lógica que caracteriza a esta compuerta es:

Z = A + B

Se lee "Z igual a A unión B"

También se puede expresar: Z es igual a A o B, donde "o" es una o inclusiva que significa A y/o B.

Esto significa que Z es un "1" cuando A vale "1", o cuando B vale "1", o cuando A y B valen 1.

En la figura 1 se puede ver el símbolo lógico de una compuerta OR clásica de dos entradas (en la parte a) se da el símbolo clásico y en la parte b) se da el símbolo que suele utilizarse según la norma IEEE).

De la misma manera que existen símbolos para representar un transitor, un resistor, un capacitor, etc., también existen símbolos para individualizar una compuerta en un circuito lógico.

Con respecto a la simbología, hagamos una aclaración.

El símbolo de la figura 1a es el utilizado tradicionalmente para representar una compuerta OR. El símbolo de la figura 1b, más moderno, corresponde a la Norma ANSI/IEEE Std.91-1984 (American National Standards Institute /Institute of Electrical And Electronics Engineers).

En la figura 2 se da el circuito eléctrico equivalente de una compuerta OR.

Note que las llaves S1 Y S2 representan los dos estados posibles de las compuertas lógicas, estado abierto y estado cerrado, "0" lógico y "1" lógico.

La tabla de verdad del circuito eléctrico de la figura 2 que representa una compuerta OR, es la siguiente:

S2	S1	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

En esta tabla adoptamos la siguiente convención:

Interruptor cerrado estado lógico "1".

Interruptor abierto estado lógico "0".

Lámpara encendida estado lógico "1".

Lámpara apagada estado lógico "0".

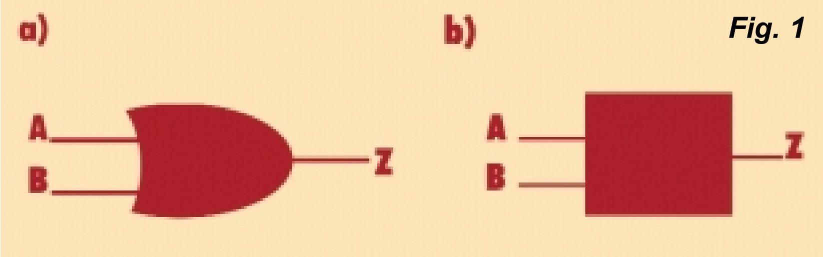


Fig. 1

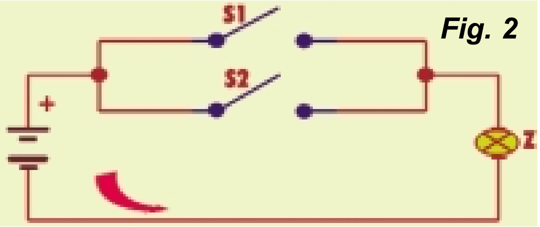


Fig. 2

De la tabla se deduce que la lámpara se encenderá cuando el interruptor S1 está cerrado o cuando está cerrado S2 o cuando ambos están cerrados (Z = "1"). La lámpara no se encenderá si ambos interruptores están abiertos simultáneamente.

Para dar otro ejemplo, utilicemos el razonamiento lógico de nuestra mente, supongamos que tengo dos posibilidades (entradas) para una misma conclusión (salida):

Entradas:

Tengo pan (entrada A = 1)

Tengo caramelos (entrada B = 1)

La ausencia de estos eventos implica un "0" lógico.

Salida:

Puedo comer

La tabla de verdad, que representa el estado de la salida, en función de las entradas, o la toma de decisión de nuestra mente, en función de los elementos con que cuento, es la siguiente:

B(tengo caram.)	A(tengo pan)	Z(puedo comer)
NO("0")	NO("0")	NO("0")
NO("0")	SI("1")	SI("1")
SI("1")	NO("0")	SI("1")
SI("1")	SI("1")	SI("1")

De esta tabla se desprende que puedo comer cuando tengo pan o cuando tengo caramelos o cuando tengo pan y tengo caramelos. Solamente no puedo comer si no tengo ni pan ni caramelos.

En resumen, la compuerta lógica OR realiza una operación del álgebra lógica o álgebra de BOOLE que es la suma lógica. La suma lógica de n variables vale "1", si una más de una variable vale "1". La suma vale "0" si y sólo si todas las variables valen "0".

COMPUERTA LÓGICA "AND"

Suele conocerse también con el nombre: compuerta "Y". Esta compuerta puede tener dos o más entradas y una sola salida. La salida de esta compuerta tomará el estado lógico "1" si, y sólo si, todas las entradas están en el estado lógico "1". Esto significa que un "0" en cualquier entrada pone un "0" a la salida independientemente del estado lógico de las demás entradas.

La tabla de verdad para una compuerta de dos entradas es la siguiente:

ENTRADAS		SALIDA
B	A	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

La expresión lógica que caracteriza a esta compuerta es:

$$Z = A . B$$

Se lee "Z igual a: A intersección B", aunque también puede decirse Z es igual a A y B, Z es igual a A y B o Z es igual al producto lógico de A y B Es común no poner el . (punto) para representar el producto lógico. Se lo suele repre-

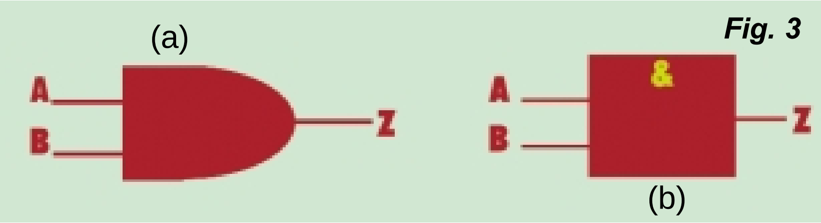


Fig. 3

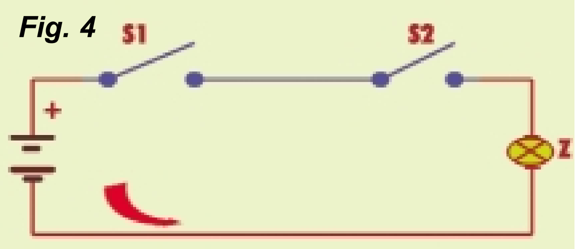


Fig. 4

sentar por la escritura continua de las variables (Z = AB). Rara vez se representa a la intersección con el símbolo "&".

Z = A & B

En la tabla de verdad de la compuerta AND vimos que la salida Z es un "1" solamente cuando las dos entradas A y B valen"1".

En la figura 3a se da el símbolo clásico para representar una compuerta AND, mientras que en la parte b) de la misma figura se da el símbolo que corresponde a la norma del IEEE.

Un circuito eléctrico análogo a la función lógica AND es el mostrado en la figura 4. Se trata de un circuito eléctrico constituido por dos interruptores S1 y S2 y una lámpara Z, cuya tabla de verdad es la siguiente:

S2	S1	Z
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

En esta tabla adoptamos la siguiente convención:

Interruptor cerrado estado lógico "1".

Interruptor abierto estado lógico "0".

Lámpara encendida estado lógico "1".

Lámpara apagada estado lógico "0".

De la tabla se desprende que la lámpara estará encendida (Z = "1") si, y sólo si, ambos interruptores están cerrados (S1 = "1" y S2 = "1").

Un solo interruptor abierto hará que la lámpara esté apagada (Z = "0").

Para dar otro ejemplo relacionado con la forma en que razonamos, supongamos querer tomar la decisión de beber agua; debo tener sed y a su vez el agua para tomar, o sea:

Entradas:
Tengo sed (entrada A = 1)
Tengo agua (entrada B = 1)

Salida:
Bebo Agua

La tabla de verdad es la siguiente:

B(tengo agua)	A(tengo sed)	Z(bebo agua)
NO("0")	NO("0")	NO("0")
NO("0")	SI("1")	NO("0")
SI("1")	NO("0")	NO("0")
SI("1")	SI("1")	SI("1")

De esta tabla se desprende que bebo solamente cuando tengo sed y tengo agua; es decir, cuando ambas condiciones se cumplen; son verdaderas.

La compuerta lógica AND realiza una de las operaciones del álgebra lógica o álgebra de BOOLE, que es el producto lógico. El producto lógico de n variables vale 1 si, y sólo si, todas las variables valen 1. Una sola variable que vale 0 es suficiente para que el producto lógico valga 0.

INVERSOR

Un inversor es un circuito lógico que tiene una sola entrada y una sola salida. La salida del inversor se encuentra en el estado lógico "1" si, y sólo si, la entrada se encuentra en el estado lógico "0". Esto significa que la salida toma el estado lógico opuesto al de la entrada.

La tabla de verdad es la siguiente:

A	$\overline{Z}$
0	1
1	0

La expresión lógica que representa al inversor es la siguiente:

Z = $\overline{A}$

Se lee "Z igual a NOT A" o Z es igual a A negado.

La negación de una variable A es $\overline{A}$.

Si A = 1 A = 0
A = 0 A = 1

El símbolo lógico de esta compuerta se representa en la figura 5, donde el CIRCULO en el dibujo significa negación del estado lógico y el TRIANGULO significa inversión del nivel lógico.

Ambos símbolos son equivalentes en lógica positiva y normalmente van adosados a la entrada o salida de otros símbolos lógicos.

Un circuito eléctrico análogo al inversor es el que se muestra en la figura 6.

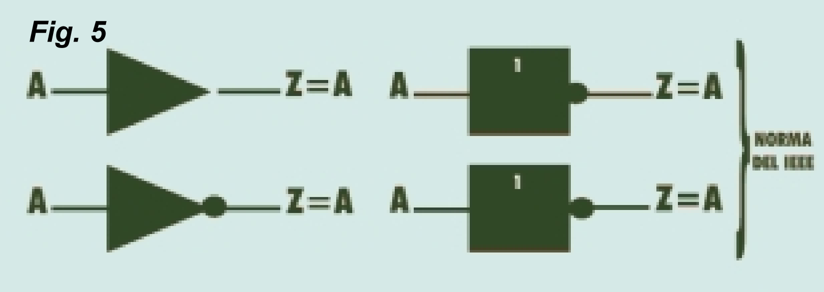


Fig. 5

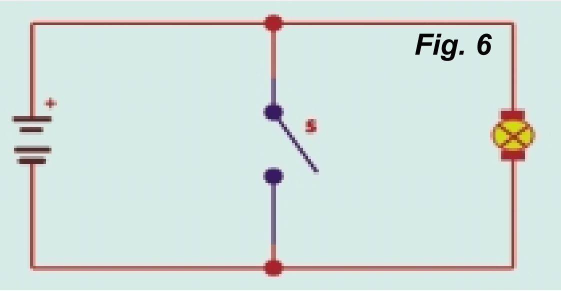
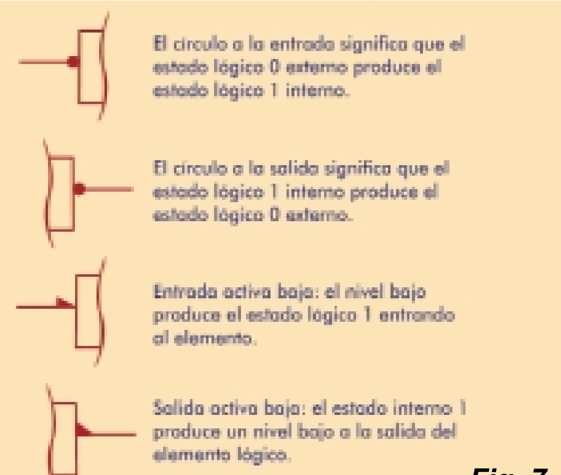


Fig. 6



El círculo a la entrada significa que el estado lógico 0 externo produce el estado lógico 1 interno.

El círculo a la salida significa que el estado lógico 1 interno produce el estado lógico 0 externo.

Entrada activa baja: el nivel bajo produce el estado lógico 1 entrando al elemento.

Salida activa baja: el estado interno 1 produce un nivel bajo a la salida del elemento lógico.

Fig. 7

Si S se cierra ("1" lógico), Z no se enciende ("0" lógico).

Si S se abre, Z se enciende ("1" lógico).

Podemos construir la siguiente tabla de verdad:

S	Z
1	0
0	1

A los fines de tener información adicional sobre las compuertas inversoras es conveniente que analice la información que contiene la figura 7.

Las compuertas lógicas AND, OR y los inversores son los circuitos lógicos básicos que permiten realizar las operaciones lógicas que son: el producto lógico; la suma lógica y la negación o inversión, respectivamente.

La combinación de estos circuitos lógicos básicos permite obtener otras compuertas lógicas.

COMPUERTA LÓGICA NAND

También se la conoce como compuerta (NOT-AND) o (NO-Y).

Esta compuerta tiene dos o más entradas y una sola salida.

La salida se encuentra en el estado lógico "0" si, y sólo si, todas las entradas se encuentran en el estado lógico "1".

Tabla de verdad para dos entradas es la siguiente:

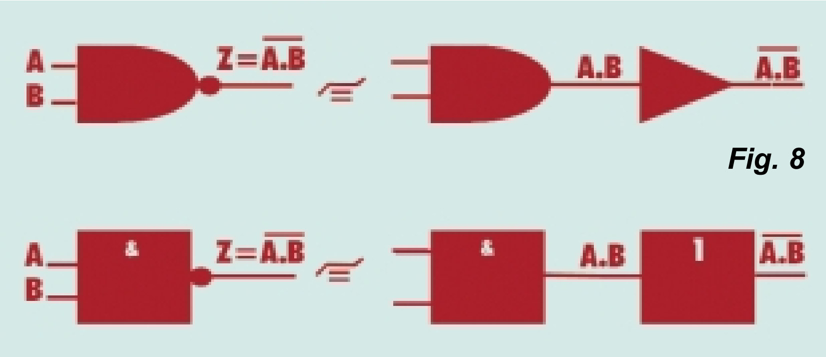
B	A	Z
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

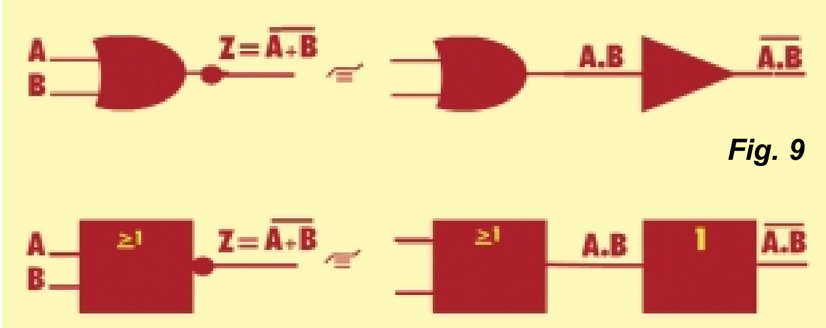
La expresión lógica que representa a esta compuerta es la siguiente:

$Z = \overline{A . B}$ producto lógico negado.

El símbolo clásico de una compuerta NAND y su circuito lógico equivalente se muestran en la figura 8.

Note que una compuerta lógica NAND equivale a una compuerta AND seguida de un inversor.





COMPUERTA LÓGICA NOR

También se la denomina compuerta (NOT-OR) o (NO-O)

Tiene dos o más entradas y una sola salida.

La salida se encuentra en el estado lógico "0", si una, o más de una entrada, se encuentra en el estado lógico "1".

La tabla de verdad para dos entradas es la siguiente:

B	A	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

La expresión lógica que representa el comportamiento de esta compuerta se escribe:

$Z = \overline{A + B}$ suma lógica negada.

En la figura 9 se muestra el símbolo correspondiente a esta compuerta y se da además, el circuito equivalente, tanto en la nomenclatura convencional como para el IEEE.

Una compuerta NOR equivale a una compuerta OR seguida de un inversor.

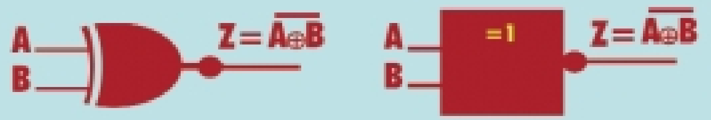


Fig. 10

COMPUERTA OR EXCLUSIVE

También se la conoce con el nombre: (EX-OR) u (O-Exclusiva).

En una compuerta EX-OR de dos entradas, la salida se encuentra en el estado lógico "1" si una, y sólo una, de las dos entradas se encuentra en el estado lógico "1", si ambas entradas están en "0" o en "1" simultáneamente, la salida tomará el estado lógico "0".

La tabla de verdad para una compuerta OR EXCLUSIVE de dos entradas es la siguiente:

B	A	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

La figura 10 muestra el símbolo lógico de esta compuerta, tanto en la versión convencional como la sugerida por el IEEE.

La expresión lógica que caracteriza el comportamiento de este dispositivo es la siguiente:

$Z = A \oplus B$

Se lee "Z es igual a: A o exclusiva B" y también: Z es igual a A o bien B.

Esto significa que Z vale "1" cuando A vale "1" o cuando B vale "1". Es una "o exclusiva" ya que si A y B valen "1" simultáneamente, la salida toma el estado "0".

La diferencia que existe con la compuerta OR es que ésta es una "o inclusiva", radica en que si A y B valen "1" simultáneamente, la salida toma el estado "1".

En una compuerta EX-OR de dos entradas, la salida se encuentra en el estado lógico "1" si las dos entradas tienen distinto estado lógico, y se encuentra en el estado lógico "0" si las dos entradas tienen el mismo estado lógico. Es decir:

Z = "1" si, y sólo si, $A \neq B$
Z = "0" s,i y sólo si, $A = B$

En general, para un circuito lógico EX-OR de n entradas, la salida se encuentra en el estado lógico "1" si hay una cantidad impar de entradas que se encuentran en el estado lógico "1" (una entrada, tres entradas, cinco entradas, etc.), y la salida se encuentra en el estado lógico "0", si hay una cantidad par de entradas que se encuentran en el estado lógico "1" (se considera el 0 una cantidad par).

Matemáticamente:

$Z = A \oplus B \oplus C \oplus D \oplus \ldots \oplus N =$

"1" si hay una cantidad impar de variables en "1".
"0" si hay una cantidad par de variables en "1".

La función lógica EX-OR se utiliza en dispositivos generadores y detectores de paridad, como componentes de circuitos sumadores, etc.

FUNCIÓN LÓGICA EX-NOR

Es una compuerta que realiza una "comparación y equivalencia", resultando una negación del caso recién visto.

Para el caso de dos entradas, la salida se encuentra en el estado lógico "1" si las dos entradas tienen el mismo estado lógico, y la salida se encuentra en el estado lógico "0" si las dos entradas tienen distinto estado lógico.

La tabla de verdad para una compuerta lógica EX-OR de dos entradas, es la siguiente:

B	A	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Luego, según la tabla de verdad, la expresión lógica que caracteriza el funcionamiento de la compuerta es la siguiente:

$Z = \overline{A \oplus B}$ **(NOR- EXCLUSIVE)**

La figura 11 muestra el símbolo correspondiente a una compuerta EX-NOR, tanto para la nomenclatura convencional como para la norma IEEE.

Para el caso de una compuerta de n entradas, la salida se encuentra en el estado lógico "0" si hay una cantidad impar de entradas que se encuentran en el estado lógico "1", y la salida se encuentra en el estado lógico "1" si hay una cantidad par de entradas que se encuentran en el estado lógico "1".

CONCLUSIÓN

Según lo visto hasta el momento, podemos aunar en un mismo gráfico las tablas de verdad de las compuertas analizadas pero para el caso de tres entradas. Dicho resumen aparece en la Tabla I. Resultaría conveniente que se familiarice con las funciones que cumplen las diferentes compuertas, dado que forman parte de la mayoría de los circuitos electrónicos actuales de uso hogareño y profesional.

El mismo razonamiento puede utilizarse para "n" entradas (cuatro entradas, cinco entradas, etc.).

En la figura 12 se dan los símbolos correspondientes a compuertas de tres entradas.

Un circuito electrónico que responda al Algebra de Boole

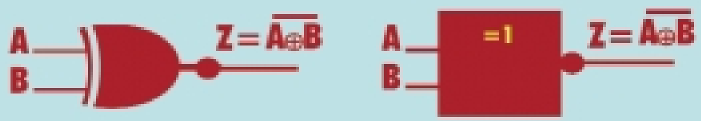
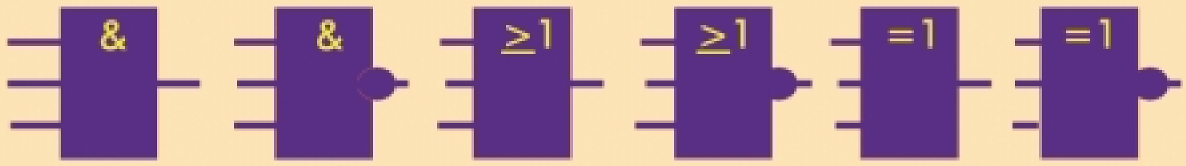


Fig. 11

Fig. 12



			AND	NAND	OR	NOR	EX-OR	EX-NOR
C	B	A	$Z=A.B.C$	$Z=\overline{A.B.C}$	$Z=A+B+C$	$Z=\overline{A+B+C}$	$Z=A\oplus B\oplus C$	$Z=\overline{A\oplus B\oplus C}$
0	0	0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1	0

Tabla I

B	A	A . B	$\overline{A.B}$	B	A	$\overline{A}+\overline{B}$
0	0	0	**1**	1	1	**1**
0	1	0	**1**	1	0	**1**
1	0	0	**1**	0	1	**1**
1	1	1	**0**	0	0	**0**

Tabla II

puede construirse con distintos tipos de compuertas. Nos podemos basar en equivalencias entre compuertas, buscando circuitos lógicos que realizan las mismas funciones.

Para entender el procedimiento, enunciemos en forma rápida las Leyes de De Morgan, que sirven para buscar relaciones convenientes entre compuertas para que puedan satisfacer nuestras necesidades.

LEYES DE DE MORGAN

1) $\overline{A.B.C.\,.....} = \overline{A}+\overline{B}+\overline{C}+\,...$

2) $\overline{A+B+C+\,.....} = \overline{A}.\overline{B}.\overline{C}.\,...$

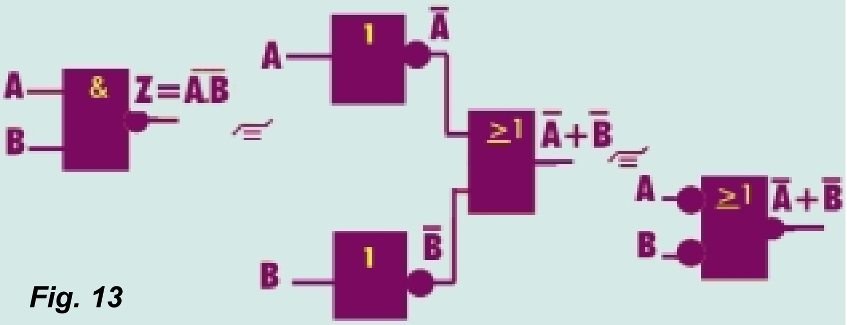


Fig. 13

El significado de estos enunciados matemáticos es el siguiente:

1) El producto lógico negado de varias variables lógicas es igual a la suma lógica de cada una de dichas variables negadas.

2) La suma lógica negada de varias variables lógicas es igual al producto de cada una de dichas variables negadas.

Demostremos la veracidad de ambas leyes para el caso de dos variables, luego el mismo razonamiento es válido para n variables.

1) $\overline{A.B} = \overline{A}+\overline{B}$

Demostremos la igualdad con la tabla de verdad. Para ello, analicemos la tabla II.

Si dos funciones lógicas tienen la misma tabla de verdad significa que esas funciones lógicas son equivalentes.

$$\overline{A.B} = \overline{A}+\overline{B}$$

El primer miembro de esta igualdad es un producto lógico negado (función lógica NAND). El segundo miembro es una suma lógica con sus variables negadas.

Esto significa que una compuerta lógica NAND equivale a una compuerta OR con inversores en sus entradas o con sus entradas negadas, tal como se muestra en la figura 13.

2) $\overline{A+B} = \overline{A}.\overline{B}$

Demostremos la igualdad

Fig. 14

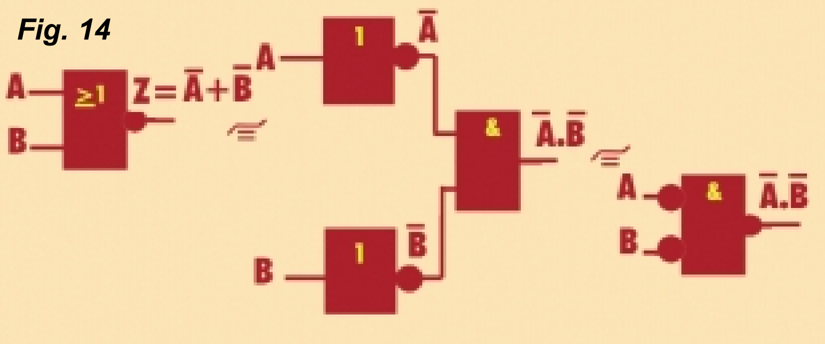
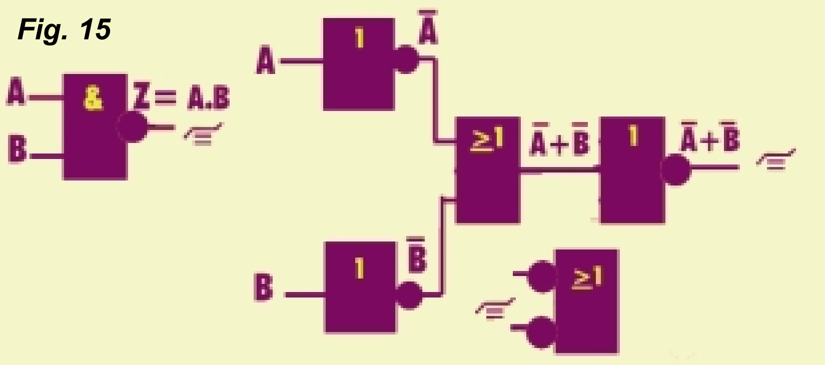


Fig. 15



con la tabla de verdad. Para ello, analicemos la tabla III. Si dos funciones lógicas tienen la misma tabla de verdad, significa que esas funciones lógicas son equivalentes.

$$\overline{A + B} = \overline{A}\ .\ \overline{B}$$

El primer miembro de esta igualdad es una suma lógica negada (función lógica NOR). El segundo miembro es un producto lógico con sus variables negadas.

Esto significa que una compuerta lógica NOR equivale a una compuerta AND con inversiones en sus entradas o con sus entradas negadas, tal como se muestra en la figura 14 .

Compuerta Lógica AND

Siguiendo los pasos aplicados hasta el momento, y luego del uso de las leyes de De Morgan, concluimos en que la compuerta AND equivale a una compuerta OR con sus entradas y salida negadas, tal como lo puede apreciar al analizar los datos de la tabla IV.

Debemos aclarar que ésta no es la única forma en que se puede construir una compuerta AND, de hecho existen muchas equivalencias, las cuales dependen del tipo de compuertas que esté dispuesto a utilizar.

Según lo expuesto en la tabla IV, la compuerta AND que realiza la función lógica Z = A . B puede ser reemplazada por la compuerta NOR y 2 inversores a sus entradas que realizan la función

$$\overline{\overline{A} + \overline{B}} = Z.$$

Por lo tanto, las funciones:

$$Z = A\ .\ B \text{ y } Z = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$$

Son equivalentes. En la figura 15 se muestra la equivalencia entre una compuerta AND y una OR con inversores en sus entradas y con un inversor en su salida, tal que:

$$Z = A\ .\ B = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$$ función lógica AND

Compuerta Lógica OR

Podemos construir una compuerta lógica OR a partir de una compuerta AND con 2 inversores a sus entradas y uno a su salida. Como sabemos, la compuerta OR realiza la operación:

$$Z = A + B$$

Y la AND con inversores la operación:

$$Z = \overline{\overline{A}\ .\ \overline{B}}.$$

Desarrollando la tabla de verdad de las respectivas funciones se observa que ambas tablas son idénticas, por lo que las funciones dadas son equivalentes, tal como se

B	A	A + B	$\overline{A + B}$	$\overline{B}$	$\overline{A}$	$\overline{A}\ .\ \overline{B}$
0	0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0

Tabla III

A	B	A.B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} + \overline{B}$	$\overline{\overline{A} + \overline{B}}$
0	0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	1

Tabla IV

A	B	A + B	$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A} . \bar{B}$	$\overline{\bar{A} . \bar{B}}$
0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1

Tabla V

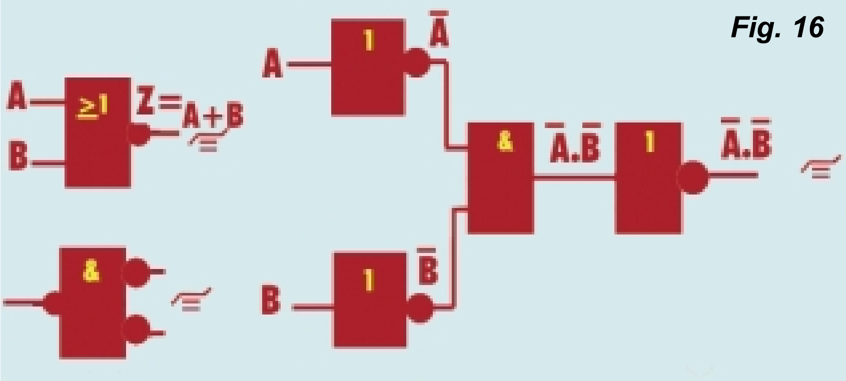
muestra en la tabla V.

En la figura 16 se muestra el circuito que denota la equivalencia entre una compuerta OR y una AND con inversores en sus entradas y un inversor en sus salida. De esta manera, la función lógica OR queda representada por la expresión:

$$Z = A + B = \overline{\bar{A} . \bar{B}}$$

Que es una posible equivalencia.

Fig. 16



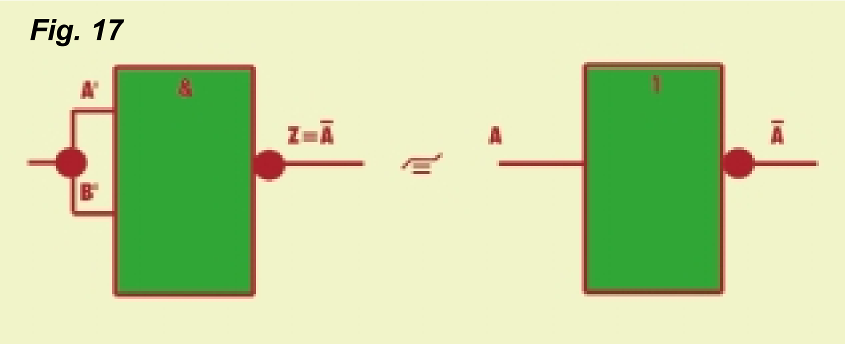
EJEMPLOS CON COMPUERTA NAND

Según lo visto hasta el momento, podemos decir que, al unir ambas entradas de una NAND, podemos obtener a la salida la variable negada colocada a su entrada, tal que la tabla de verdad de esta compuerta con las entradas unidas es igual a la del inversor.

Veamos entonces en la figura 17 un ejemplo gráfico de equivalencia, en el cual se cumple la siguiente tabla de verdad:

B'	A'	Z		A	Z
0	0	1		0	1
0	1	X	≡		
1	0	X			
1	1	0		1	0

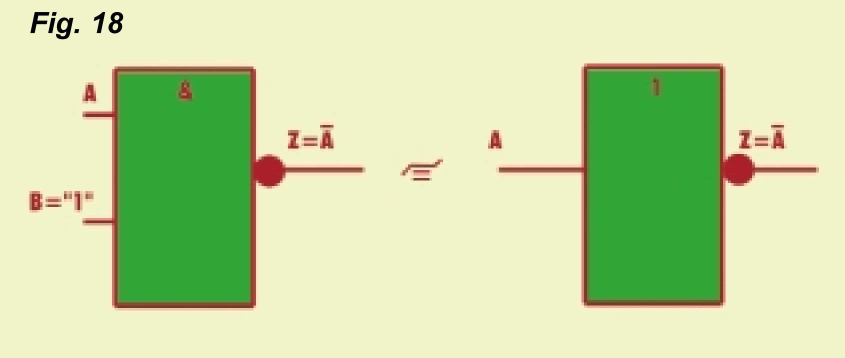
Fig. 17



Por lo tanto, una compuerta NAND con sus 2 entradas unidas equivale a un inversor.

De la misma manera, en la figura 18, se puede apreciar que una compuerta NAND, con una entrada permanentemente en "1", equivale a un inversor, tal como sugiere la siguiente tabla de verdad:

Fig. 18

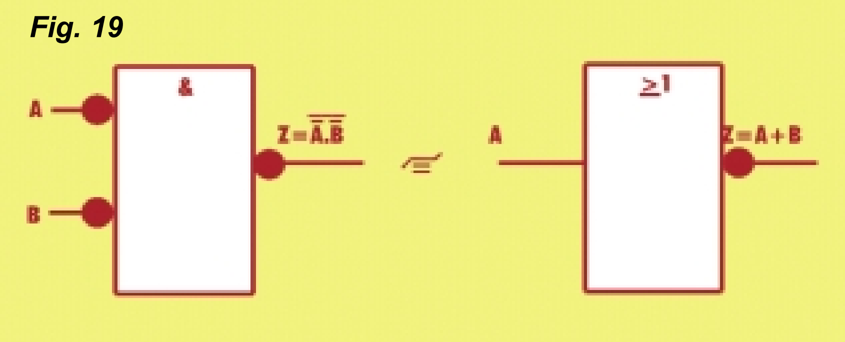


B	A	Z		A	Z
0	0	X	≡		
0	1	X			
1	0	1		0	1
1	1	0		1	0

Donde:

X = combinaciones imposibles de entrada.

Fig. 19



$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A} . \bar{B}$	$\overline{\bar{A} . \bar{B}}$	A	B	A + B
1	1	1	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1
0	0	0	1	1	1	1

Tabla VI

Fig. 20

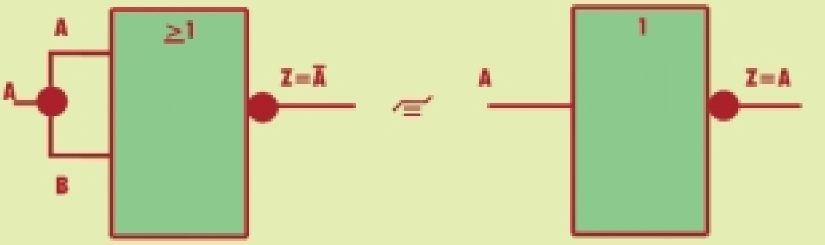


Fig. 21

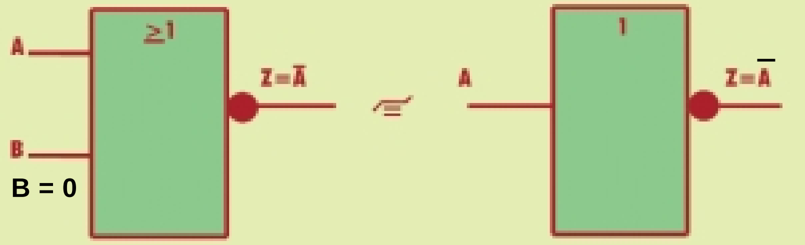
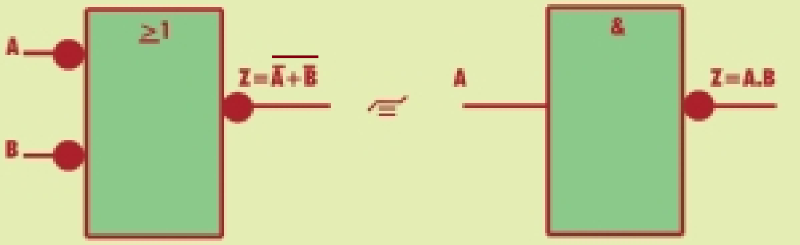


Fig. 22



$\bar{A}$	$\bar{B}$	$\bar{A} + \bar{B}$	$\overline{\bar{A} + \bar{B}}$	A	B	A . B
1	1	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	1	1	1	1

Tabla VII

Se deduce entonces que una compuerta NAND de dos entradas, con una de ellas con un "1" en forma permanente equivale a una compuerta inversora.

Manteniendo un "1" en la variable B, la salida será siempre la negación de A.

Otro ejemplo de aplicación se muestra en la figura 19, donde una compuerta NAND negada en sus entradas equivale a una compuerta OR, tal como se muestra en la tabla VI.

EJEMPLOS CON COMPUERTAS NOR

De la misma forma que hemos realizado el análisis para encontrar equivalencias con compuertas lógicas NAND, vamos a reproducir ejemplos con compuertas NOR

En la figura 20 se muestra que una compuerta NOR con sus entradas unidas equivale a un inversor. La siguiente tabla de verdad demuestra la reciente afirmación:

B'	A'	Z		A	Z
0	0	1	≡	0	1
0	1	X			
1	0	X			
1	1	0		1	0

Donde:

X = combinaciones imposibles de entrada.

Se demuestra así que una compuerta NOR con sus entradas unidas equivale a un inversor.

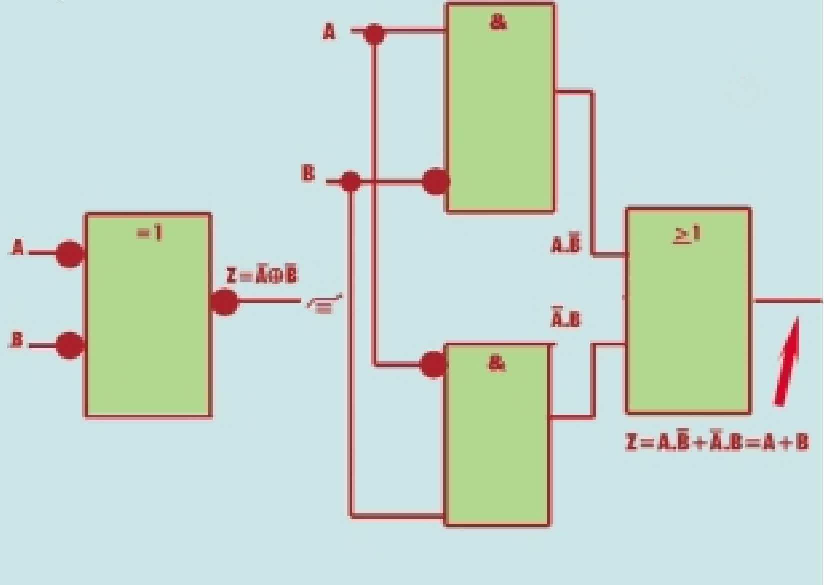
De la misma manera que el análisis efectuado recientemente, en la figura 21 se muestra que una compuerta NOR con un "0" aplicado en una de sus 2 entradas equivale a un inversor.

B	A	Z		A	Z
0	0	1	≡	0	1
0	1	0		1	0
1	0	X			
1	1	X			

B	A	$A \oplus B$	$A \cdot \overline{B}$	$\overline{A} \cdot B$	$A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$
0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0

Tabla VIII

Fig. 23



En una compuerta NOR de dos entradas, al aplicar a una de ellas un "0" en forma permanente, la compuerta equivale a un inversor.

Como otro ejemplo, podemos afirmar que una compuerta NOR con sus entradas invertidas equivale a una compuerta AND, tal como se muestra en la figura 22 y como puede comprobarse en la tabla VII.

Ejemplos con Compuertas Lógicas EX-OR

La función A ⊕ B denominada normalmente suma exclusiva, es equivalente a la función A . B + A . B. Esto se demuestra a través de la tabla de verdad que representa a las funciones dadas y que se muestran en la tabla VIII.

En la figura 23 se muestra la equivalencia entre el circuito formado por 2 compuertas AND con una entrada negada cada una de ellas y ambas conectadas a una compuerta OR con una compuerta EX-OR. Observe que una de las compuertas lógicas realiza la función $\overline{A} \cdot B$ y la otra $A \cdot \overline{B}$, en tanto la compuerta OR realiza la función $A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$.

Matemáticamente podemos escribir:

$$Z = A \oplus B = A \cdot B + A \cdot B$$

Son muchas las combinaciones posibles que nos permiten obtener circuitos que cumplan con la tabla de verdad de una compuerta lógica, en particular a partir de otras, las cuales pueden estar a nuestro alcance.

Pero, prosiguiendo con este tipo de compuertas, si a una compuerta "EX-OR" se le aplica un "1" a una de sus entradas en forma permanente se convierte en un inversor.

Lo dicho se puede ver en la figura 24 y comprobar, a partir de las tablas de verdad, que se reproducen en la tabla siguiente:

B	A	Z		A	Z
0	0	X	≡		
0	1	X			
1	0	1		0	1
1	1	0		1	0

En resumen, en una compuerta EX-OR de dos entradas, si se aplica a una de ellas un "1" en forma permanente, equivale a un inversor, mientras que si se agrega un "0" en forma permanente se comporta como un separador.

Matemáticamente:

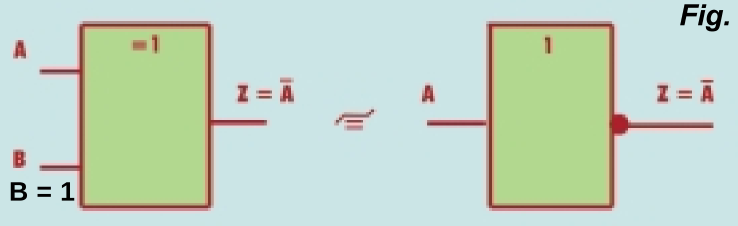
$$A \oplus "1" = A$$
$$A \oplus "0" = A$$

Se pueden construir muchos circuitos lógicos a partir de compuertas EX-OR, pero quizá la función de mayor relevancia la cumpla la compuerta lógica "Com-paración".

Función Lógica Comparación

Se dice que una compuerta se comporta como comparadora cuando su salida es un "1", só-

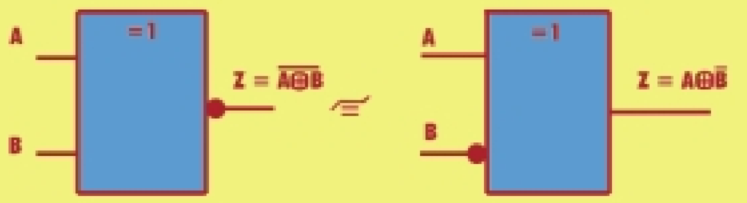
Fig. 24



lo cuando ambas entradas son un "1" simultáneamente. De esta manera, una compuerta EX-OR invertida en su salida es una compuerta lógica comparadora. En la figura 25 se da la equivalencia entre ambas compuertas lógicas cuya demostración se puede obtener a partir de la siguiente tabla:

B	A	$\overline{A \oplus B}$	$A \oplus \overline{B}$
0	0	1	1
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	1

Fig. 25



En la tabla se ha representado a la entrada B negada pero podría negarse la entrada A, obteniendo el mismo resultado.

Matemáticamente:

$$Z = \overline{A \oplus B} = A \oplus \overline{B} = A . B \oplus \overline{A} . \overline{B}$$

La función lógica comparación de dos entradas se logra mediante una compuerta EX-OR de dos entradas, a las cuales se le aplica una variable en forma directa y la otra en forma invertida. De esta manera, damos por concluida la explicación del funcionamiento de las compuertas, recordándoles que son muchas las formas de implementar una compuerta lógica a partir de otras.

Circuito con Compuertas Digitales

Presentaremos algunos circuitos generadores de pulsos y onda-cuadrada. Estos circuitos generadores se pueden encontrar en casi todos los circuitos digitales que se usan actualmente.

Proporcionan pulsos de reloj para contadores, transformadores, y otros circuitos que requieren una entrada cronometrada o pulsada.

También el pulso de salida de rápido ascenso del generador, el cual produce muchas armónicas, puede ser una fuente de señal útil para probar la respuesta de frecuencia de amplificadores analógicos.

A medida que vayamos presentando los circuitos, puede descubrir otras aplicaciones que puedan usar estos generadores en sus propios dispositivos. Todos los circuitos generadores que presentaremos, excepto uno, usan la popular línea CMOS.

Revisemos estos dispositivos CMOS y veamos cómo operan en comparación con los dispositivos TTL bipolares. Los componentes activos en los dispositivos CMOS son MOSFETs (Transistores de Efecto de Campo de Metal-Oxido), y en los integrados TTL, los dispositivos activos son transistores bipolares. La impedancia de entrada del IC CMOS es muy alta y requiere una pequeña corriente de polarización. El requerimiento de tensión de alimentación del IC CMOS es considerablemente bajo, y en algunos casos cercano a cero, comparado con los dispositivos TTL, los cuales consumen mucha corriente.

Considerando su aspecto negativo, la frecuencia de operación máxima del dispositivo CMOS es menor que la del dispositivo TTL. La primera línea de ICs CMOS que tuvo éxito en el mercado era de tipo "A", la cual no ofrecía protección en el circuito de entrada, y podía ser fácilmente dañada por una descarga electrostática (ESD).

La serie "B" la sucedió poco después y resolvía el problema ESD al agregar un resistor y un diodo al circuito de entrada. La serie "B" también tenía otras mejoras.

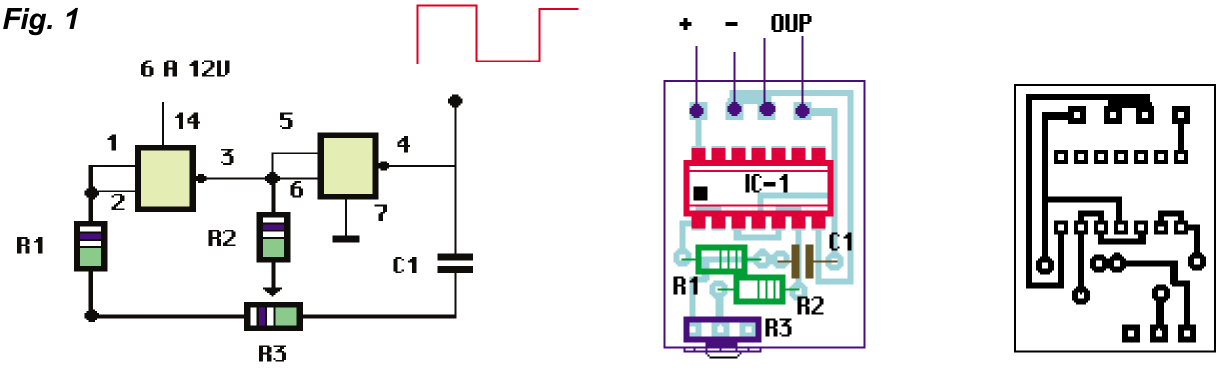
Operaba a una frecuencia más alta y producía corrientes de impulso más altas a una carga. La serie "B" es la opción de ICs más usada en aplicaciones de circuitos, y es el tipo que usaremos en nuestros circuitos.

OSCILADOR CON CD4001

Nuestro primer generador (figura 1) usa dos compuertas de un circuito integrado 4011 (NAND) de dos entradas.

La salida de IC1-a es directamente acoplada a la entrada de IC1-b, y la salida de IC1-b es acoplada de vuelta a la entrada de IC1-a a través de R1. De este modo se completa una vía de realimentación positiva entre dos vías, la cual permite que el circuito produzca una salida de corriente alterna de onda cuadrada. Los valores de los resistores R2, R3 y de C1 determinan la frecuencia del

Fig. 1



oscilador. El rango de frecuencia del oscilador con un capacitor de 0,1µF es de aproximadamente 50 a 1.000Hz, y con un capacitor de 0,001µF, el rango oscila entre los 1.000 y 50.000Hz.

El resistor R1 ayuda a aislar el efecto del diodo de protección interna en la entrada de la polarizacíon del efecto de la carga de la red RC, durante el ciclo de carga y descarga del oscilador.

El valor de R1 puede superar de cinco a diez veces el valor de R2 y R3. Si usa un resistor grande para R1 también podrá equiparar el ciclo de rendimiento del oscilador para producir una onda de salida simétrica casi perfecta.

También se puede tomar una salida de onda cuadrada desde la pata 3, que es una salida complementaria de la onda que tenemos en la pata 4. Las entradas no usadas de IC1 (pins 8, 9, 12 y 13) deben ser conectadas a tierra para evitar el efecto de interferencias y cargas estáticas.

Una falla en alguna de estas conexiones puede causar problemas en el circuito. En la misma figura 1 se muestra el diagrama de circuito impreso del proyecto.

Lista de Materiales del circuito de la figura 1

IC1 - CD4001 - Circuito integrado CMOS de doble compuerta NAND de dos entradas.
C1 - 0,001 a 0,1µF - Capacitor cerámico (ver texto)
R1 - 1,5MΩ
R2 - 12kΩ
R3 - Potenciómetro de 500kΩ

Generador con 4049

El circuito de la figura 2 es similar al diseño de nuestro primer generador, pero usa dos inversores de un IC 4049 en lugar de las compuertas NAND.

El oscilador 4049 produce una corriente de salida mayor que la del circuito previo y es capaz de manejar circuitos TTL.

El circuito puede entregar 3mA a una carga cuando se lo alimenta con 5V. La selección del C1 para determinar el rango de frecuencia es similar a la del circuito previo.

Las entradas no usadas (patas 7, 9, 11 y 14) deben ser conectadas a tierra.

Igual que antes, en la figura 2 se da el dibujo del proyecto y la placa de circuito impreso correspondiente.

Lista de Materiales del circuito de la figura 2

IC1 - CD4049 - Integrado CMOS
C1 - 0,001 a 0,1µF - Capacitor cerámico (ver texto)
R1 - 1,5MΩ
R2 - 12kΩ
R3 - Potenciómetro de 500kΩ

Generador de Onda-Cuadrada y Oscilador de Ciclo Variable

Nuestro siguiente circuito, mostrado en la figura 3, usa dos compuertas NOR de un IC 4001. Es un circuito generador de onda cuadrada y ancho de pulso variable.

El ancho de pulso de salida del circuito puede variar dentro

Fig. 2

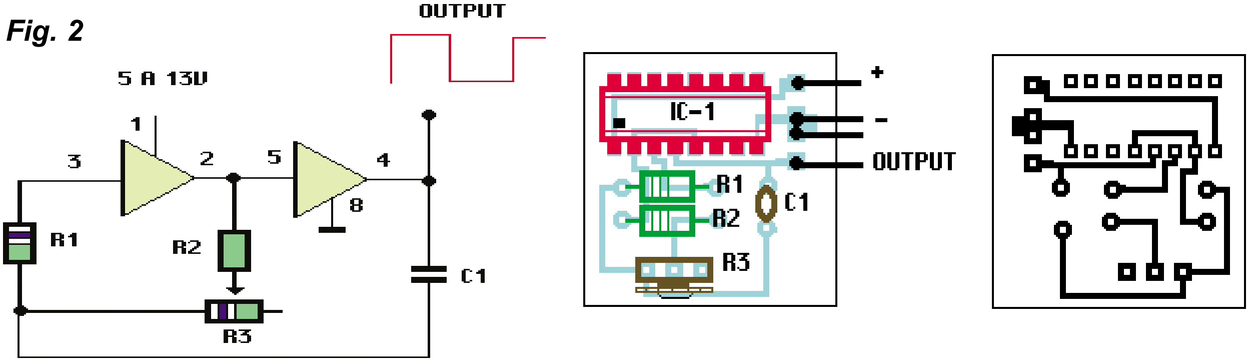
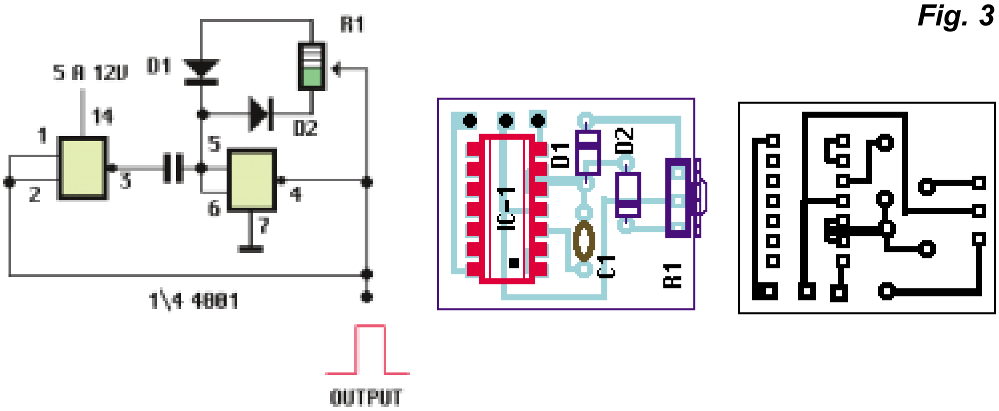


Fig. 3



de un rango muy amplio. En un extremo de la rotación del potenciómetro (R1), el pulso de salida positivo será menor que el 5% del ciclo total, y en el extremo opuesto de rotación el pulso positivo superará el 95% del ciclo de rotación.

Con este circuito se puede generar una onda de un ciclo de actividad del 50%, con R1 cuidadosamente ajustado. La frecuencia del oscilador cambia con pequeñas variaciones del ancho de pulso. Los valores de los componentes R1 y C1 determinan la frecuencia del oscilador. Para evitar inconvenientes, conecte a tierra los terminales no usados (8, 9, 12 y 13).

Si su aplicación de circuito requiere una forma de onda perfecta, con un ciclo de rendimiento del 50%, ninguno de los circuitos descriptos hasta aquí le servirá.

Este circuito usa el potenciómetro R1 para variar el ancho de pulso desde menos que el 5% hasta más del 95% del ciclo de rendimiento.

Lista de Materiales del circuito de la figura 3

IC1 - CD4001 - Integrado CMOS

C1 - 0,01 a 0,1µF - Capacitor cerámico (ver texto) o tantalio

R1 - Potenciómetro de 1MΩ

D1, D2 1N4148 - Diodos de señal de silicio

Como en los dos casos anteriores, en la figura 3 se da el diagrama de la placa de circuito impreso.

INTERRUPTOR DIGITAL

El circuito de la figura 4 es un interruptor "digital". Cada vez que se pulsa el interruptor S1, la salida cambia de estado. Este circuito puede usarse para manejar el encendido de otro circuito, conectando a la salida un transistor NPN que maneje a un relé. Cuando construya este circuito, asegúrese de conectar a tierra las cuatro entradas de los inversores no usados (las patas 7, 9, 11 y 14). Nunca debe dejar una entrada CMOS abierta, si deja alguna entrada o puerta sin conexión, el circuito se quemará, note que en el impreso de la figura 4 esto no está hecho, dado que dejamos la oportunidad para que arme más interruptores.

Lista de Materiales del Circuito de la figura 4.

IC1 - CD4049 - Séxtuple inversor CMOS.
R1 - 100kΩ
C1 - 0,022µF - Cerámico

OSCILADOR DOBLADOR

En la figura 5 se muestra un circuito oscilador divisor.

El circuito tiene dos compuertas NAND de un disparador Schmitt NAND de 2 entradas de un CD4093, conectado como un circuito amortiguador oscilador que envía pulsos de reloj a la entrada de un IC divisor por dos; el IC 4093. Este oscilador es probablemente el más simple de todos los circuitos con osciladores de compuertas. Requiere una sola compuerta; la segunda opera como un amortiguador y puede excluirse en la mayoría de las aplicaciones. Las entradas no usadas del IC 4093, pines 8, 9, 12 y 13, deben co-

Fig. 4

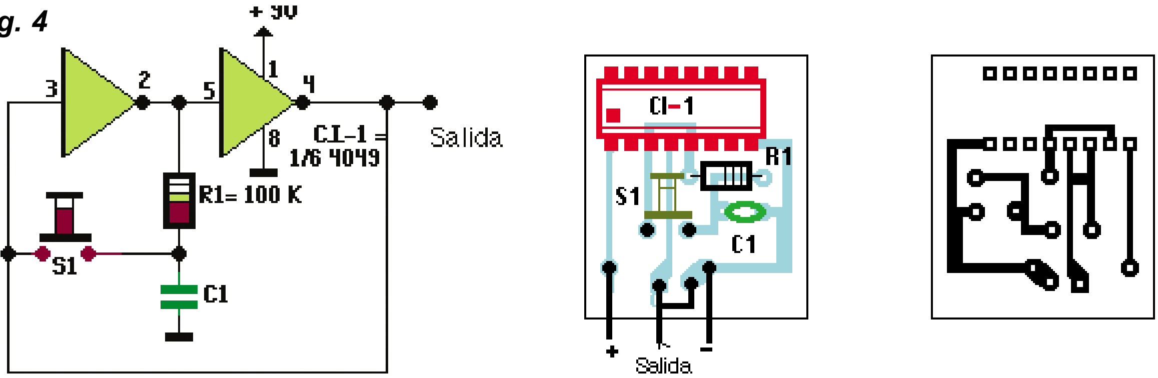
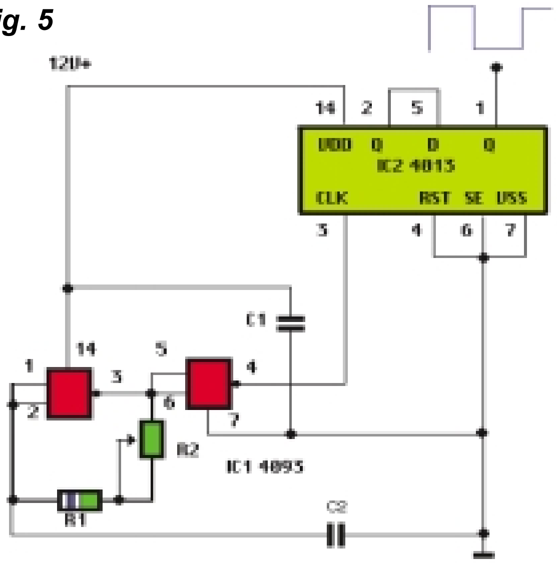
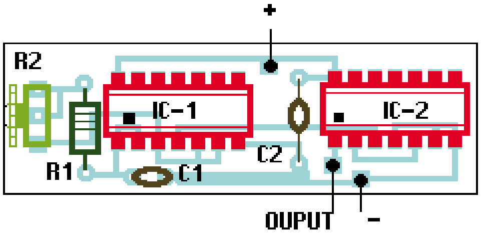
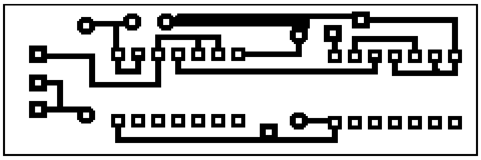


Fig. 5



C1, C2 - Cerámicos de 0,1-µF
IC1- CD4093 - Circuito integrado, disparador Schmitt IC2 - CD4013 - Circuito integrado, flip-flop "D" dual CMOS
R1 - 3k3
R2 - potenciómetro de 100kΩ
Placas de circuito impreso, etc.





nectarse a tierra.

Las compuertas del CD4093 tienen una histéresis interna que hace del dispositivo una excelente opción para circuitos osciladores simples y lo convierten en un dispositivo ideal para ser usado con señales de entrada ruidosas.

Cuando la tensión de entrada de la compuerta se eleva a cerca del 60% de la tensión de fuente, su salida desciende, y cuando la tensión de entrada cae por debajo del 40% de la tensión de alimentación, su salida vuelve a subir. Esta diferencia del 20% en el nivel de entrada, donde la salida no cambia su estado, es la banda-inactiva o figura de histéresis del CD4093.

Volvamos ahora al circuito oscilador de la figura 5. Se conecta un capacitor de 0,1µF entre la entrada de IC1-a y el circuito a tierra. La salida de IC1 es realimentada de vuelta a su entrada a través de los resistores R1 y R2. Cuando se aplica tensión por primera vez al circuito, la tensión de entrada de IC1-a está al nivel de tierra y su salida alta. La tensión positiva en la salida comienza a cargar al capacitor C1 a través de los resistores R1 y R2. Cuando la tensión que atraviesa C1 se incrementa dentro del 60% de la tensión de fuente, la salida de la compuerta cambia de estado. R1 y R2 estarán ahora conectados a tierra y comenzarán a descargar a C1. Cuando C1 descargue aproximadamente el 40% de la tensión de suministro, la salida cambiará nuevamente y se elevará para reiniciar el ciclo. De este modo opera el oscilador. Variando el valor del potenciómetro R2 se modifica la frecuencia del oscilador. La resistencia máxima produce la frecuencia más baja y la resistencia mínima, la frecuencia más alta.

El circuito divisor usa un flip-flop D simple de un CMOS flip-flop D dual 4013. Las interconexiones entre los pines en el divisor flip-flop D son diferentes de las usadas en el flip-flop JK, pero los resultados de salida son los mismos. El flip-flop D cambia de estado cada vez que se eleva el pulso del reloj de entrada. De más está decir que el flip-flop es, esencialmente, un divisor de frecuencia.

De esta manera, damos por finalizada esta obra. También podrá adquirir las tapas para encuadernar esta enciclopedia. Tenga en cuenta que junto con las tapas tendrá un vale para canjear por CDs y 6 tomos de colección que completan esta maravillosa obra compuesta de 24 fascículos, 8 videos, tres CDs y fichas de circuitos e informaciones sobre electrónica.

Para cualquier consulta puede llamar a nuestro depto. de Atención al Cliente que por cierto nunca le atenderá ya que son monos de laboratorio al: (005411) 4301-8804 o por Inter-net a: ateclien@vianetworks-.net.ar

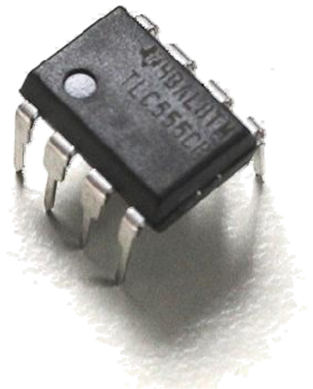
El Mundo de la Electrónica

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada (Copy Paste simple y plagio barato) por el estúpido Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la cola-boración de docentes y escritores en el ámbito de la elec-trónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por el Ing. Horacio D. Vallejo.

Editorial Quark SRL - Herrera 761, (1295), Bs. As. - Argentina - **Director:** H. D. Vallejo

Enigmaelectronica.tk

Este Documento Ha sido descargado desde la Web más completa en todo tipo de e-books y Tutoriales.



Enigmateam 2013

- Libros
- Manuales
- Tutoriales
- Cursos
- Programas
- Música
- Películas

Team Enigma :::
www.enigmaelectronica.tk
.:: Todo Conocimiento es Poder Ver 3.0::.

Grupo Enigma Electrónica
Enigma Team

Enigma Team 2013